



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DAS DIFERENTES TÉCNICAS
CONTEMPORÂNEAS DE EXPLORAÇÃO DA ANATOMIA DOS
CANALIS RADICULARES EM ENDODONTIA**

Trabalho submetido por
SADEK BELARBI
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Junho de 2018



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**COMPARAÇÃO DAS DIFERENTES TÉCNICAS
CONTEMPORÂNEAS DE EXPLORAÇÃO DA ANATOMIA DOS
CANALIS RADICULARES EM ENDODONTIA**

Trabalho submetido por
SADEK BELARBI
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professor Doutor João Eduardo da Fonseca de Freitas Dias

Junho de 2018

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor João Dias, pelos seus conselhos, disponibilidade e profissionalismo, os quais foram imprescindíveis no desenvolvimento desta tese.

À minha família, cuja abnegação e coragem sempre foi um modelo para mim.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, sem o qual não teria o privilégio de exercer esta fabulosa profissão de dentista.

Resumo:

A medicina dentária, como qualquer outra ciência, está em constante evolução, e isso é particularmente verdadeiro neste início do século XXI, marcado por um desenvolvimento sem precedentes de novas tecnologias.

A endodontia, é a especialidade que trata do estudo e tratamento do tecido pulpar, constituindo uma das áreas da Medicina Dentária onde é possível testemunhar esta tendência de evolução tecnológica. Baseada num diagnóstico nem sempre fácil de realizar, porém crucial, a endodontia requer a análise objetiva de zonas de difícil acesso, como é a zona periapical e a rede de canais radiculares.

Assim, os meios de explorações endodônticos contemporâneos, sejam radiográficos ou com recurso à utilização do microscópio, são encarados como um valioso meio auxiliar no desenvolvimento de um diagnóstico e na realização de um tratamento endodôntico onde a ocorrência de erro acabará, normalmente, por ocasionar uma consequência pesada.

Ao longo da vasta literatura científica sobre esta temática, são várias as técnicas descritas, muitas delas referenciadas como tendo a mesma indicação. Este estudo consistirá na realização de uma revisão bibliográfica narrativa focada numa apresentação dessas técnicas, suas indicações, seus benefícios e suas lacunas.

Por fim, a capacidade de deteção do canal mesiovestibular do primeiro molar superior servirá de base para a comparação relativa entre essas técnicas em termo de eficácia.

Palavras-chaves:

Sistemas canais radiculares, técnicas de pesquisa de canais radiculares, diagnóstico, anatomia interna.

Abstract:

Dental Medicine, like any other science, is constantly evolving, and this is particularly true at this beginning of the 21st century marked by an unprecedented boom in new technologies.

Endodontics, the specialty that revolves around the study and treatment of pulp tissue, is a privileged witness to this trend because it relies on a difficult and yet crucial diagnosis requiring the objective analysis of hard-to-reach areas such as the peri-apical area, and the pulpal canal network.

Thus the means of contemporary endodontic explorations, whether radiographic or microscopic are seen as a valuable aid in the development of a diagnosis and in the realization of a treatment where the error is often very serious.

However there are numerous techniques and sometimes they have the same applications, fortunately the scientific literature provides many articles on the subject and we will therefore try in this study to perform a narrative bibliographic review centered on a presentation of these techniques: their applications, their advantages and their drawbacks.

The detection ability of the meso-buccal canal of the first maxillary molar will serve as a basis for their relative comparison in terms of effectiveness.

Key words:

Root canal systems, root canal exploration techniques, diagnosis, internal anatomy.

Résumé:

La médecine dentaire, comme toute autre science, est sans cesse en évolution, et c'est particulièrement vrai en ce début de 21^{ème} siècle marqué par un essor sans précédent des nouvelles technologies.

L'endodontie, spécialité gravitant autour de l'étude et du traitement du tissu pulpaire, est un témoin privilégié de cette tendance car elle repose sur un diagnostic difficile et pourtant capital nécessitant d'analyser objectivement des zones difficiles d'accès telle la zone périapicale, et le réseau canalaire pulpaire.

Ainsi les moyens d'explorations endodontique contemporains, qu'ils soient radiographiques ou microscopiques sont vus comme une aide précieuse dans l'élaboration d'un diagnostic et dans la réalisation d'un traitement où l'erreur est souvent lourde de conséquences.

Cependant les techniques sont nombreuses et ont parfois les mêmes indications, heureusement la littérature scientifique fournit de nombreux articles sur ces dernières et nous tâcherons donc dans cette étude d'effectuer une révision bibliographique narrative centrée sur une présentation de ces techniques : leurs applications, leurs avantages et leurs défauts.

La détection du canal méso-vestibulaire de la première molaire supérieure servira de base à leur comparaison relative en terme d'efficacité.

Mots-clés:

Systèmes canaux radiculaires, techniques d'exploration des canaux radiculaires, diagnostic, anatomie interne.

INDICE

I - Introdução	11
II – Desenvolvimento	15
A) A Morfologia do sistema de canais radiculares	15
B) A importância da exploração anatômica no diagnóstico endodôntico	19
C) Apresentação e descrição das técnicas de exploração anatômica.....	22
- Técnicas com recurso a tratamento químico	22
- Diafanização.....	22
- Técnicas com recurso a tratamento mecânico.....	26
- Abertura da câmara pulpar	26
- Desgaste dentinário	29
- Técnicas com recurso a processo ótico	31
- Olho nu.....	31
- Dispositivos de ampliação.....	34
- Lupas	35
- Microscópio.....	37
- Endoscópio	40
- Meios óticos complementares	42
- Técnicas com recurso a processo radiográfico.....	43
- Radiografia Periapical	44
- Computed Tomography - CT	49
- Cone Beam Computed Tomography – CBCT	51
- Micro-computed Tomography - μ -CT	55
- Nano-computed Tomography – n-CT	57
D) Comparação relativa da eficácia na deteção do segundo canal mesiovestibular (MV2) do primeiro molar superior.....	59
- Olho nu e Ampliação.....	60
- Rx periapical e CBCT (<i>in vivo</i>).....	62
- CBCT e micro-CT (<i>ex vivo</i>)	64
III – Conclusão	65
IV – Bibliografia.....	69

Índice de Figuras

Figura 1 - Classificação de Weine; Brown P, Herbranson E. (2004) Dental anatomy & 3D tooth atlas version 2.0, 2nd ed. Illinois: Quintessence.

Figura 2 - Classificação de Vertucci; Brown P, Herbranson E. (2004) Dental anatomy & 3D tooth atlas version 2.0, 2nd ed. Illinois: Quintessence.

Figura 3 - Molar superior diafanizado, (Robertson 1980)

Figura 4 - Aspeto do dente após a diafanização. (Coelho et al 2002)

Figura 5 - Exposição dos canais no pavimento da câmara pulpar (Nallapati2010)

Figura 6 - Exemplo de uma abertura pulpar (nallapati 2010)

Figura 7 - Exploração de um istmo entre os canais mesiovestibular e mesiolingual de um molar inferior (Nallapati 2010)

Figura 8 - Instrumentos utilizados durante o processo de desgaste dentinário (Bronnec, 2006).

Figura 9- Sonda ultrassom CKT2D. (Nallapati 2010)

Figura 10- Brocas de desgaste para abertura pulpar. (Nallapati 2010)

Figura 11 - Posição de trabalho não ergonómica usando o olho nu. Os óculos clássicos não são considerados meios de ampliação. (Arens 2003)

Figura 12 - Posição comum de trabalho com lupas binoculares, observa-se uma posição exaustiva para o pescoço e as costas. (Arens 2003)

Figura 13 - Uso do microscópio cirúrgico, posição ergonómica correta. (Arens 2003)

Figura 14 - Endoscópio rígido. (Moshonov & Nahlieli, 2011)

Figura 15 - Representação da extremidade do endoscópio (Moshonov & Nahlieli, 2011)

Figura 16 - Polpa dentária se torna fluorescente sob luz azul após exposição à fluoresceína. (Glassman 2004)

Figura 17 - Fenómeno de transiluminação. (Nallapati 2010)

Figura 18 - Radiografia periapical (Nallapati 2010)

Figura 19 - Pré-molar inferior com um tratamento endodôntico incorreto (Nallapati 2010)

Figura 20 - Raios-x periapicais de um primeiro molar inferior direito. (Patel et al., 2009)

Figura 21 - Duas angulações diferentes numa radiografia periapical (Nallapati 2010)

Figura 22 - Primeiro molar inferior direito num rx periapical com a técnica paralela. (Patel et al., 2009)

Figura 23 - Molar inferior esquerdo depois de um tratamento endodôntico e com angulações diferentes. (Patel et al., 2009)

Figura 24 - Reconstrução tridimensional de uma imagem obtida por TC. (Patel et al., 2009)

Figura 25 - Aparelho para CBCT (patel 2009)

Figura 26 - Radiografia efetuada com um CBCT. (Patel et al., 2009)

Figura 27 - Micro-CT Scanner (<http://medicalphysicsweb.org/cws/article/research/51234>)

Figura 28 - Imagem de um primeiro molar superior obtido por micro-CT (Yamada2011)

Figura 29 - Representação do funcionamento de uma nano-CT (<https://www.psi.ch/media/high-resolution-method-for-computed-nano-tomography-developed>)

Figura 30 - Representação vestibular do primeiro molar superior com uma configuração canalar frequente. (Clark 2010)

Lista de Abreviaturas

%	Por cento
cm	Centímetro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
mmHg	Milímetro de mercúrio
MV2	Mesiovestibular 2
MO	Microscópio Ótico
2 D	2 dimensões
3 D	3 dimensões
CT	Computed Tomography
TC	Tomografia Computorizada
MSCT	Multislice Computed Tomography
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
n-CT	Nano-Computed Tomography
Nano-CT	Nano-Computed Tomography
Micro-CT	Micro-Computed Tomography
μ -CT	Micro-Computed Tomography
RX	Radiografia
Teste χ^2	Teste de qui-quadrado

I - Introdução

A periodontite apical, resultante da necrose pulpar, é uma doença infecciosa de origem bacteriana no sistema de canais radiculares de um dente. Ela tem origem numa resposta inflamatória não específica e numa reação imunológica específica do periodonto que é composto pelo cemento, pela gengiva, pelo ligamento periodontal e pelo osso alveolar. (Cotti, 2010)

Essas respostas são uma maneira de o organismo prevenir a disseminação da infecção no alvéolo. Quanto maior for a progressão da infecção, maior será a reabsorção do osso subjacente e sua substituição por tecido conjuntivo inflamatório. (Cotti, 2010)

Os sintomas e sinais clínicos diferem de acordo com a progressão da infecção. Eles consistem num edema dos tecidos moles, por vezes, associado a um abscesso, dor intensa à percussão vertical do dente ou durante a palpação da zona periapical associada. No entanto, a presença de reabsorção óssea na zona periapical é o sinal típico da periodontite apical. (Cotti, 2010)

O tratamento dessas lesões é complexo, pois envolve dois meios biológicos e histológicos diferentes, que são o endodonto e o periodonto. Existem diferentes soluções terapêuticas, como o tratamento endodôntico não cirúrgico, o tratamento endodôntico cirúrgico e a terapia com antibióticos. Estes três métodos também podem ser associados entre si. (Schmidt, Walter, Amato, & Weiger, 2014)

O tratamento endodôntico não cirúrgico, além de ser a opção terapêutica preferida por ser menos invasivo, tem por objetivo impedir a infecção do periodonto como consequência da contaminação da rede pulpar do dente e evitar a recidiva fechando completamente o sistema de canais radiculares (Dumitriu & Dobre, 2015)

O tratamento endodôntico não cirúrgico consiste na limpeza meticulosa, desinfecção completa e a preparação dos canais através da utilização de sucessivas limas no interior do canal radicular, o que permitirá no final deste procedimento o preenchimento tridimensional adequado da rede de canais radiculares. (Tomaszewska et al., 2018)

Para isso, todo o tecido pulpar deve ser eliminado. Sendo um tecido orgânico sensível à ação química de um irrigante e à ação mecânica das limas endodônticas, a utilização do hipoclorito de sódio torna-se um auxiliar porque possui ação antisséptica. Nos locais onde a ação das limas não consegue chegar a eliminação do tecido orgânico só é possível graças à ação química do irrigante.

(Dumitriu & Dobre, 2015)

O prognóstico de um tratamento endodôntico está intimamente ligado a uma boa compreensão do sistema de canais radiculares, pelo que é necessário explorar todos os recantos anatômicos para realizar uma correta desinfecção e preparação mecânica, etapas essenciais para uma correta obturação por materiais inertes associados a um cimento.

(Alrahabi & Zafar, 2015)

A natureza complexa da rede canalar é um verdadeiro desafio para o dentista. Deve ser identificado o número exato de canais, pois se um deles não for tratado pode tornar-se um fator importante para o fracasso do tratamento, resultando numa possível falha da cicatrização periodontal.

(Tomaszewska et al., 2018)

Uma das maiores dificuldades em endodontia é a preparação mecânica das comunicações intercalares inacessíveis à passagem das limas, que representam assim uma possível fonte de infecção e acumulação de detritos dentinários proveniente dos canais principais.

(Susin et al., 2010)

Com novas tecnologias exploratórias, a capacidade do médico de diagnosticar e tratar os dentes que requerem tratamento endodôntico foi bastante melhorada. A eficácia do tratamento endodôntico e a probabilidade de regressão das lesões periapicais dependem da capacidade de alcançar as zonas anatômicas de difícil acesso.

(Del Fabbro, Taschieri, Lodi, Banfi, & Weinstein, 2009)

De acordo com Del Fabbro et al., (2009), o prognóstico do tratamento endodôntico é geralmente estabelecido após um ano, existindo 3 possibilidades:

- 1) Sucesso: graças a uma recuperação completa, identificada tanto radiograficamente como clinicamente; ou através de uma recuperação parcial, com diminuição da radiotransparência apical, formação de tecido cicatricial e desaparecimento dos sintomas clínicos.
- 2) Incerto: manutenção da radiotransparência apical, porém há diminuição dos sintomas clínicos.
- 3) Insucesso: manutenção ou aumento de radiotransparência e dos sintomas clínicos.

Nos casos em que o prognóstico é incerto, deverá realizar-se uma reavaliação anual desses dentes durante os quatro anos seguintes ao tratamento endodôntico para determinar o prognóstico final do mesmo, ou seja, se houve realmente sucesso ou insucesso.

(Nallapati S., 2010)

Ainda que inicialmente pareça poder verificar-se insucesso no tratamento, existe a possibilidade de verificar uma evolução favorável após um ano. Jesslén considera que o resultado obtido ao fim de um ano após o tratamento é representativo, em 95%, do prognóstico final desse dente. Em caso de insucesso, o retratamento ou a extração é, portanto, recomendado.

(Jesselén, Zetterqvist, & Heimdahl, 1995)

Assim, o sucesso de um tratamento endodôntico é multifatorial, depende da acuidade do diagnóstico, do conhecimento que o clínico tem sobre a biologia e patologia endodôntica e da sua capacidade para realizar um tratamento completo.

Neste sentido, é fundamental um conhecimento teórico profundo da anatomia característica do sistema de canais radiculares, mas também, das alterações atípicas que possam ocorrer.

(Nallapati S., 2010)

II – Desenvolvimento

A) A Morfologia do sistema de canais radiculares

As características morfológicas e anatômicas dos dentes humanos, embora possuam características comuns, diferem entre indivíduos e etnias. (Alrahabi & Zafar, 2015)

Origem étnica e aberrações anatômicas têm uma forte correlação, sendo em seguida apresentados alguns exemplos:

- A raiz distal supranumerária de um molar mandibular, também chamada Radix Entomolaris, é estatisticamente mais prevalente em populações do Oriente Médio e esquimós.
- Os pré-molares com dois ou três canais são mais comuns em África.
- Canais em "C", são mais comuns na Ásia e mais particularmente na Coreia, Índia e China.

(Nallapati S., 2010)

No entanto, embora tenha sido demonstrado que a etnia é um fator importante na diferenciação encontrada no número e na morfologia radicular, não se verifica obrigatoriamente o mesmo no que concerne a configuração interna dos canais radiculares. (De Pablo, Estevez, Péix Sánchez, Heilborn, & Cohenca, 2010)

Era, portanto, necessário criar classificações para estabelecer padrões comuns na comunidade científica, que permitissem aos profissionais uma melhor organização e aprofundamento do conhecimento anatômico. (Gary C. Armitage, 2006)

De fato, um conhecimento profundo da morfologia do sistema de canais radiculares é essencial, dadas as variações individuais, genéticas e étnicas existentes. Os endodontistas devem estar sempre atentos a canais extraordinários, sejam eles supranumerários ou atípicos no seu trajeto.

Os detalhes da anatomia dentária humana foram publicados pela primeira vez por GV Black em 1902, a partir do qual aprendemos que os dentes humanos são sempre únicos em sua anatomia externa e interna.

(Alrahabi & Zafar, 2015)

As características internas e externas das raízes são complexas e diferentes classificações têm sido propostas, sendo as principais a de Weine em 1969 e a de Vertucci em 1974. Existe, também, a classificação de Pineda em 1972 e outras classificações mais focadas em tipos específicos de dentes, como os molares inferiores referidas por Pomeranz em 1981 e Song em 2010. (Tomaszewska et al., 2018)

A classificação de Weine, realizada em 1969, cria 4 configurações de canais:

- **Tipo I:** Um único canal associado a um único forâmen apical (1).
- **Tipo II:** Dois canais se unem em direção de um único forâmen apical (2-1).
- **Tipo III:** Dois canais separados desde a entrada do canal até o forâmen apical (2).
- **Tipo IV:** Um canal que se divide em dois canais separados (1-2).

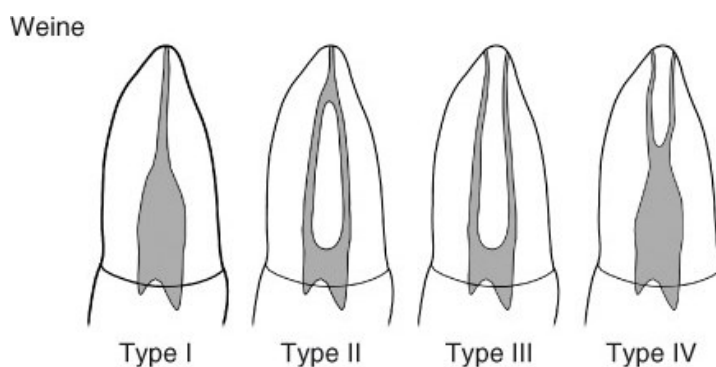


Figura 1 - Classificação de Weine; Brown P, Herbranson E. (2004) Dental anatomy & 3D tooth atlas version 2.0, 2nd ed. Illinois: Quintessence.

A classificação de Vertucci é mais avançada, apresentando 8 configurações de canais diferentes:

- **Tipo I:** um único canal associado a um único forâmen apical (1).
- **Tipo II:** dois canais se unem em direção de um único forâmen apical (2-1).
- **Tipo III:** um único canal se divide em dois e os dois canais se unem no último terço para formar um único forâmen apical (1-2-1).
- **Tipo IV:** dois canais diferentes até seus respectivos forâmenes (2).
- **Tipo V:** um canal divide-se em dois ao nível do último terço radicular (1-2).
- **Tipo VI:** dois canais se unem antes do primeiro terço da raiz e depois se separam no último terço. (2-1-2).
- **Tipo VII:** um canal se divide em dois, depois os dois se unem e se dividem novamente (1-2-1-2).
- **Tipo VIII:** três canais distintos até seus respectivos forâmenes apicais (3).

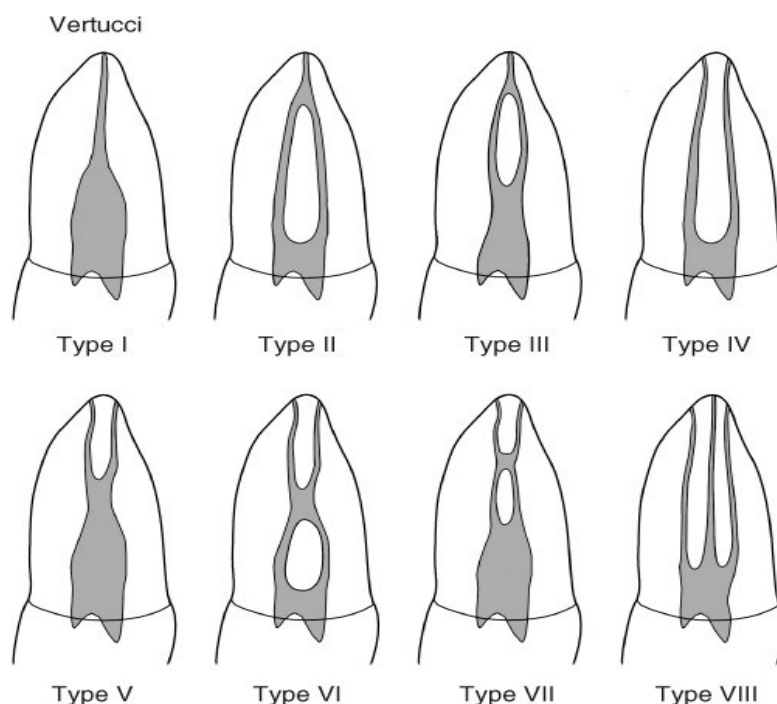


Figura 2 - Classificação de Vertucci; Brown P, Herbranson E. (2004) *Dental anatomy & 3D tooth atlas version 2.0, 2nd ed. Illinois: Quintessence.*

O estudo da morfologia dentária externa é muito mais fácil, porque em ex-vivo basta recorrer à observação visual para discernir as principais diferenças anatómicas e estabelecer classificações.

A morfologia interna, infelizmente, é muito mais difícil de estudar, sendo necessário usar técnicas elaboradas de exploração anatómica sem destruir o sistema de canais radiculares. (Coelho, Ruiz, Rezende, Amorim, & Tognoli, 2002)

As novas tecnologias exploratórias, como CBCT, micro-CT e instrumentos óticos, demonstraram a existência de diversas configurações possíveis que não se enquadram nas classificações.

(Abdullah, Idris, & Saparon, 2017)

No estudo de Verma & Love (2011) que, consistiu numa análise de micro-CT de vinte raízes mesovestibulares do primeiro molar superior verificou-se que quase 40% das raízes não puderam ser classificadas de acordo com Weine, e 30% com a classificação de Vertucci.

(Verma & Love, 2011)

É por isso que surgem novas classificações sobre esta temática, valorizando em particular as contribuições de Abdullah et al., (2017) e de Kottoor, Murugesan, & Albuquerque, (2012).

No entanto, as variações anatômicas atípicas que não são normalmente detetadas e o tratamento ineficaz dos canais acessórios e deltas apicais durante o tratamento endodôntico, podem tornar a desinfecção do interior do dente deficitária. Assim, só quando a morfologia do sistema de canais radiculares é perfeitamente conhecida é possível maximizar as possibilidades de sucesso da terapia endodôntica.

(Nallapati S., 2010)

B) A importância da exploração anatômica no diagnóstico endodôntico

Numerosas investigações científicas enfatizam a necessidade de identificar e tratar todos os canais da rede endodôntica, caso contrário a probabilidade de um prognóstico favorável será grandemente penalizada.

(Del Fabbro et al., 2009)

Em virtude de existirem múltiplas comunicações entre o periodonto e a polpa dentária: através do forâmen apical, dos forâmenes laterais, dos canais acessórios ou dos túbulos dentinários expostos (Rotstein & Simon, 2006), esses canais quando não tratados tornam-se focos infecciosos bacterianos que podem tornar o tratamento endodôntico ineficaz.

(Nallapati S., 2010)

Essas estruturas anatômicas tornam os tecidos periodontais pulpare vulneráveis, podendo ocorrer infecção e/ou inflamação simultânea dessa zona denominando-se por lesão periodonto-endodôntica.

(Al-Fouzan, 2014)

Embora esses dois compartimentos biológicos sejam diferentes, há uma grande semelhança entre a flora microbiana e isso facilita ainda mais a contaminação cruzada.

(Abbott & Salgado, 2009)

Assim, uma infecção pulpar pode espalhar-se para o periodonto e vice-versa. A lesão periodontal pode, por sua vez, criar uma infecção pulpar e comprometer o dente ou os dentes associados. (Bergenholtz & Lindhe, 1978)

No entanto, a identificação da(s) causa(s) primária(s) de uma doença endo-periodontal não é possível na maioria dos casos. Várias classificações foram desenvolvidas para descrever com maior precisão as infecções cruzadas e associar uma etiologia infecciosa.

(Dietrich, Zunker, Dietrich, & Bernimoulin, 2002; Guldener, 1985)

Infelizmente, essas classificações são, ainda, objeto de um amplo debate na comunidade científica não existindo no presente consenso sobre o assunto.

(Abbott & Salgado, 2009)

Assim, as classificações atualmente mais aceites focam-se em estabelecer a categoria de infeções combinadas periodonto-endodônticas, sem as associar a uma origem infecciosa privilegiada. (Gary C. Armitage, 2006)

Uma vez que, o periodonto e o endodonto são simultaneamente afetados pela infeção, a situação torna-se mais complexa tanto para o profissional como para o paciente, pois outras medidas terapêuticas podem ser necessárias. Sendo o prognóstico menos favorável e previsível, podem os pacientes ficar desmoralizados dado que esta situação exige um maior investimento financeiro e temporal, com o objetivo de salvar o(s) dente(s) envolvido(s). (Abbott & Salgado, 2009)

Esta situação é particularmente sensível se a infeção ocorrer num dente que já tenha sido tratado e restaurado, podendo representar um peso adicional na relação médico-paciente. (Abbott & Salgado, 2009)

Assim, não é possível simplesmente abrir, tratar e obturar adequadamente um dente sem antes ter que se conhecer a anatomia dos canais pulpares, pois estes variam em número, tamanho e forma, apresentando igualmente diferentes bifurcações, fusões, direções e angulações. Da análise de todas essas características resulta quais os procedimentos a seguir, não havendo um protocolo único que se aplique indiferenciadamente a todas as morfologias endodônticas possíveis. (Pineda & Kuttler, 1972)

Esta é uma das razões pelas quais, em dentes idênticos, endodontistas experientes são capazes de identificar mais canais do que os seus colegas mais novos. A experiência também permite realizar uma preparação de canal e preenchimento de melhor qualidade. (Corcoran, Apicella, & Mines, 2007)

Além disso, a instrumentação perfeita é impossível de ser efetuada em alguns canais, pelo que a distribuição do irrigante por todas as zonas menos acessíveis do sistema de canais radiculares deve permitir a desinfeção adequada destes. E para isso, é crucial, novamente, um conhecimento profundo da morfologia do dente a tratar. Neste sentido, é altamente recomendável usar o CBCT como um meio de exploração anatómica radiográfico, para orientar corretamente sua abordagem terapêutica. (Tomaszewska et al., 2018)

Da mesma forma, a utilização de um microscópio ótico na localização do acesso ao sistema de canais radiculares, possibilita uma melhor compreensão das particularidades anatómicas. O médico dentista deve procurar constantemente a eventual existência de canais adicionais. Na endodontia, a dedicação e o detalhe profissional é particularmente importante.

(Nallapati S., 2010)

C) Apresentação e descrição das técnicas de exploração anatômica

Existem muitas técnicas para estudar a rede endodôntica, elas dependem de diferentes métodos que podem ser aplicados *ex-vivo* ou *in vivo*. (Tomaszewska et al., 2018)

- Técnicas com recurso a tratamento químico

- Diafanização

O primórdio da diafanização consistia numa técnica inventada em 1901 por Preiwerk. Na época era feita a injeção de metal fundido na câmara pulpar, o qual após o seu arrefecimento endurecia no interior do sistema de canais radiculares. Através de uma exposição prolongada ao ácido nítrico ou ácido clorídrico o dente era descalcificado ficando apenas o metal, permitindo tornar visível a forma da rede endodôntica.

Com o passar dos anos essa técnica evoluiu, tendo sido trocado o material introduzido na câmara pulpar para obter o que hoje é chamada de técnica de diafanização.

(Pécora, 2004)

Sendo uma técnica de análise morfológica *in vitro* simples e barata, pode ser aplicada em dentes endodonciados ou não.

A sua execução consiste na descalcificação do dente através de ácido nítrico, seguida da sua desidratação com álcool e, finalmente, mediante o recurso ao salicilato de metilo tornar o dente transparente.

(Robertson, Leeb, McKee, & Brewer, 1980)

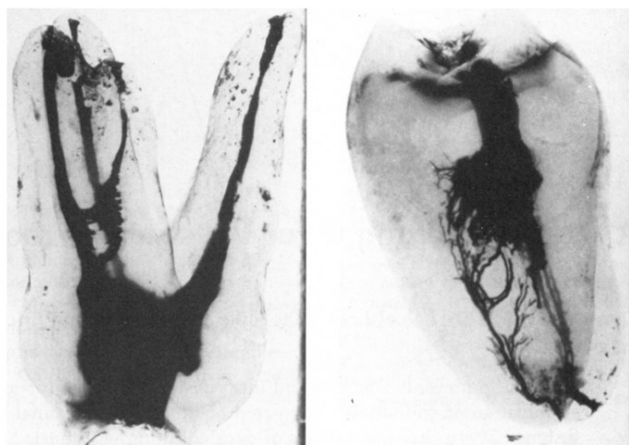


Figura 3 - Molar superior diafanizado, (Robertson 1980)

Por muitas décadas a diafanização tem sido considerada o melhor método de estudo morfológico endodôntico e tem sido utilizada para estabelecer a classificação de Vertucci, sendo ainda muito utilizada hoje em dia. (Pécora, 2004; Vertucci, 1974)

Uma vez que o dente está transparente, vários materiais podem ser injetados para visualizar a rede de canais: metal fundido, gelatina ou tinta. (Vertucci, 2005)

Apresenta-se, em seguida, um protocolo experimental de diafanização usado por (Robertson et al., 1980) :

- 1) Aceder a câmara pulpar através de uma broca esférica diamantada.
- 2) Colocar o dente numa solução de hipoclorito de sódio a 5% por 24 horas para dissolver qualquer substância orgânica e depois lavar com água por 2 horas.
- 3) Colocar os dentes numa solução de ácido nítrico a 5% por 72 horas à temperatura ambiente. Este passo consiste no processo de descalcificação.
- 4) Mudar o banho de ácido todos os dias e agitar manualmente 3 vezes ao dia.
- 5) Após a descalcificação, lavar o dente com água por 4 horas.
- 6) Para desidratar o dente: colocar o dente em diferentes banhos de etanol em diferentes concentrações:
 - Banho a 80% durante 12 horas
 - Banho a 90% durante 1 hora
 - 3 Banhos sucessivos a 100% durante 1 hora cada um.
- 7) Colocar o dente num banho de metilo-salicilato por 2 horas para tornar o dente transparente.
- 8) Injetar tinta na câmara pulpar através de uma agulha de calibre 27 associada a uma seringa Luer-Lock de plástico descartável.
- 9) Através de uma pressão negativa (cerca de 25 mmHg) aplicada ao ápice do dente, a tinta é aspirada e se espalha na rede do canal
- 10) Limpar o excesso de tinta com uma compressa embebida em álcool
- 11) Colocar o dente de volta no banho de metilo-salicilato, se necessário



Figura 4 - Aspeto do dente após a diafanização. (Coelho et al 2002)

A técnica de diafanização tem as seguintes vantagens:

- a) Permite de observar com precisão o sistema de canais radiculares do canal.
- b) Mantenha a morfologia da raiz.
- c) Técnica simples e barata.
- d) Os dentes diafanizados têm uma duração de conservação muito boa.

(Pécora, 2004)

Um dente transparente permite analisar a morfologia interna sem ter que destruir a sua própria macroestrutura. Esta técnica permite ver a configuração, os orifícios do canal, as constrições, os contornos e os canais acessórios de forma clara graças à penetração de tinta. (Robertson et al., 1980)

No entanto, tem muitas limitações, a principal delas é que modifica irreversivelmente a microestrutura do dente e cria muitas imperfeições que podem alterar a morfologia real da rede de canais.

(Ordinola-Zapata et al., 2017)

O protocolo de diafanização também apresenta alguns problemas:

Questões associadas ao protocolo de diafanização.	Solução possível:	Limite:
Pode ser difícil determinar quando parar o processo de descalcificação.	Descalcifique o dente 24 horas após o esmalte ter sido completamente dissolvido.	É uma solução baseada na experiência e está associada a uma curva de aprendizagem lenta.
A desidratação pode não ser uniforme e deixar áreas opacas.	Esta situação pode ser corrigida executando uma nova desidratação em um banho de etanol a 100%.	
A descalcificação pode não ser uniforme.	É imperativo agitar a solução ácida 3 vezes por dia e ter uma quantidade suficiente de ácido, porque o processo de descalcificação é mais rápido na superfície do recipiente do que no fundo.	
O processo de descalcificação é lento.	O processo pode ser acelerado aquecendo a solução e usando uma concentração mais alta de ácido.	Quanto mais rápido o processo, maior o fenômeno de encolhimento do dente.
O dente pode ficar mais opaco após a secagem.	Esta opacificação é reversível, basta mergulhar o dente em óleo de “wintergreen” ou em resina acrílica.	

(Ordinola-Zapata et al., 2017)

Da mesma forma, a técnica de diafanização é mais difícil de ser realizada e tem menos minúcia dos detalhes anatômicos do que as representações radiográficas tridimensionais, como a micro-CT. (Lee et al., 2014)

Essas limitações devem-se à tinta, a qual, por vezes, não consegue seguir suficientemente as paredes dos canais pulpare, bem como os istmos e canais acessórios existentes. Esta é uma limitação que também é encontrada quando se tenta limpar os canais com hipoclorito de sódio, mesmo após a instrumentação dos canais radiculares com as limas endodônticas. (de Gregorio et al., 2012; Susin et al., 2010)

As representações radiográficas tridimensionais possibilitam, também, a análise da morfologia do canal em cortes horizontais, o que a diafanização não é capaz por si só. (Ordinola-Zapata et al., 2017)

Apesar de todos esses defeitos e limitações, a diafanização continua a ser uma forma particularmente pedagógica de perceber a anatomia pulpar e os efeitos do tratamento endodôntico nos canais. (Robertson et al., 1980)

- Técnicas com recurso a tratamento mecânico

- Abertura da câmara pulpar

A câmara pulpar é limitada inferiormente pelo pavimento pulpar nos dentes multirradiculares. A sua morfologia interna reproduz em tamanho reduzido a morfologia externa da coroa dentária.

Está delimitada lateralmente por paredes e coronalmente por um teto, e comunica inferiormente com o(s) canal(ais) radicular(es).

Ao nível dos molares, as paredes da dentina (incluindo o teto e o chão) são convexas em todas as direções e conferem à câmara pulpar uma aparência "fusiforme" e as aberturas dos canais uma forma de funil.

(Bronnec, 2006)

O acesso à câmara pulpar e sua preparação é de grande importância para a identificação dos canais e para o tratamento endodôntico. A presença de calcificações e zonas socavadas de dentina podem de fato esconder a entrada de alguns canais radiculares.

(Nallapati S., 2010)

O tamanho e a forma dessas entradas também dependem do dente, devendo o médico dentista com o objetivo de obter a melhor visibilidade eliminar essas interferências procurando, contudo, e ser o mais conservador possível.

(Arbona & Martin, 2011)

O pavimento da câmara determina o tipo de acesso a ser realizado e, por isso, cada dente tem associado uma forma específica de abertura. No entanto, sendo que cada dente uma entidade única, devem ser sempre feitas modificações especiais que estejam adaptadas às características individuais de cada dente. Esta fase, embora essencial no tratamento endodôntico é, por vezes, mal controlada por alguns dentistas.

(Nallapati S., 2010)

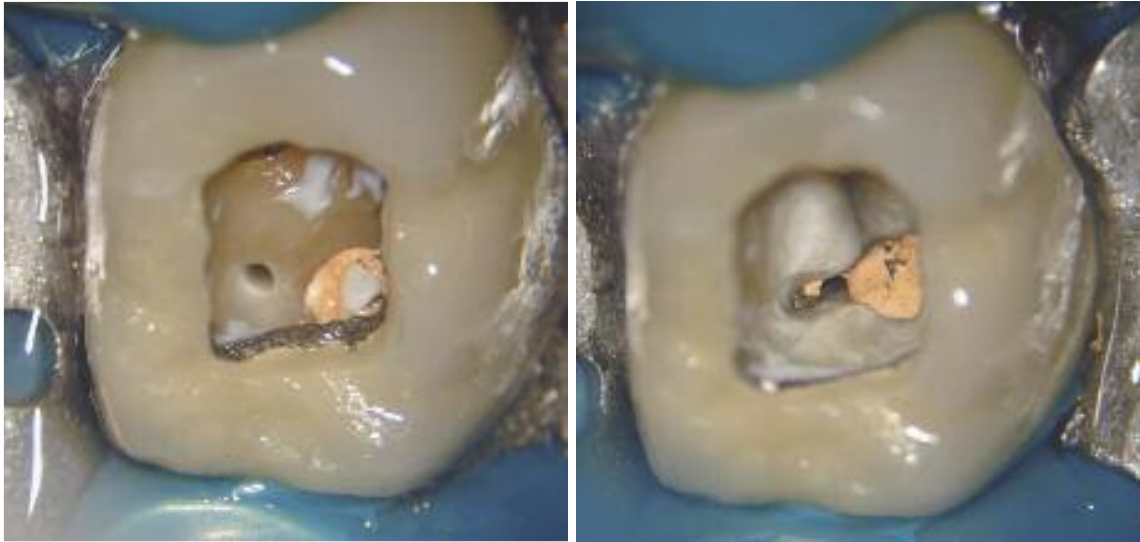


Figura 5 - Exposição dos canais no pavimento da câmara pulpar (Nallapati2010)

As 6 leis de Krasner & Rankow, (2004)

1. Lei de simetria nº 1: Se criarmos uma linha imaginária na direção mesiodistal que passe no meio do pavimento pulpar, as entradas dos canais radiculares encontram-se equidistantes desta linha.

Exceção: os molares superiores.

2. Lei de simetria nº 2: As entradas dos canais estão dispostas numa linha perpendicular à linha da lei de simetria nº 1.

Exceção: os molares superiores.

3. Lei da mudança de cor: O pavimento é mais escuro do que as paredes da cavidade pulpar e os rebordos de dentina secundária ou terceira são ainda mais claros.

4. Lei de localização dos orifícios nº 1: As entradas caninares estão na junção entre as paredes e o pavimento da câmara pulpar.

5. Lei de localização nº 2: As entradas caninares estão nos ângulos do pavimento.

6. Lei de localização nº 3: As entradas caninares, quando estão presentes, estão na extremidade das linhas escuras do pavimento.



Figura 6 - Exemplo de uma abertura pulpar (nallapati 2010)

A câmara pulpar evolui com a idade, pelo que vários fenómenos passam a estar presentes:

- Observamos uma aposição de dentina secundária com o passar dos anos, processo este que diminui o tamanho da câmara pulpar. A direção é centrípeta e a velocidade é normalmente regular, estando dependente dos dentes e da pessoa.
- O conjunto dentina-polpa pode reagir face a uma inflamação crónica pela aposição reacional de uma dentina terceira. Este processo é irregular e começa na zona adjacente à agressão.

Esses processos fisiológicos e reacionais levam a uma obliteração parcial do espaço pulpar.

(Bronnec, 2006)

Uma boa abertura depende, portanto, da capacidade de conhecer a anatomia dentária e de se adaptar às particularidades individuais.

(Arbona, 2016)

- Desgaste dentinário

O desgaste dentinário consiste na remoção seletiva da dentina coronária para permitir o acesso às entradas do canal. Um dente que requer tratamento endodôntico pode ter uma câmara pulpar consideravelmente reduzida em volume, devido ao envolvimento cariado e aposição de dentina secundária ou terciária.

No entanto, como vimos, os materiais implicados têm cores diferentes:

- O pavimento pulpar acinzentado;
- As paredes pulpares mais claras e vítreas;
- As calcificações e a dentina reacional são mais claras.

Essas diferenças permitem que o médico dentista seja mais preciso na remoção de tecido, desgastando apenas a dentina reacional por forma a detetar todos os canais existentes e ter um acesso, o mais direto possível, a cada um deles.

(Nallapati S., 2010)

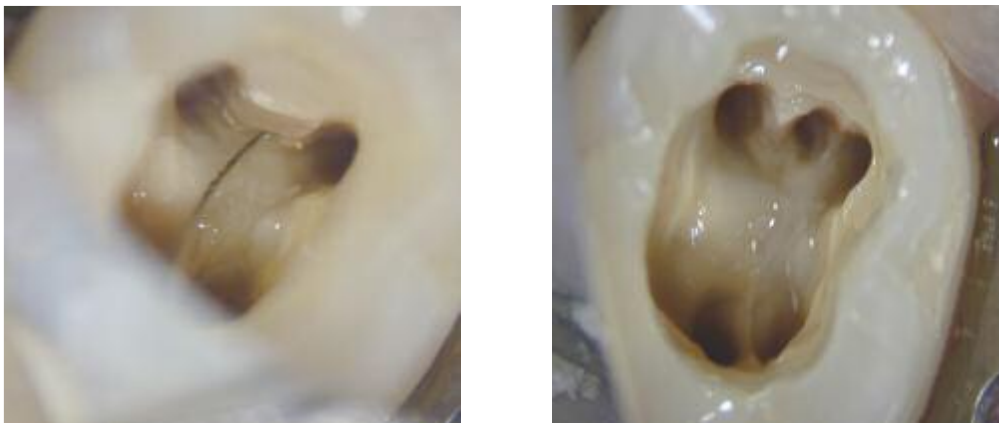


Figura 7 - Exploração de um istmo entre os canais mesiovestibular e mesiolingual de um molar inferior (Nallapati 2010)

Desgastar é uma operação delicada, pois o pavimento de polpa tem uma forma complexa, às vezes pouco compatível com os objetivos mencionados anteriormente.

(Bronnec, 2006)

Recomenda-se o uso de instrumentos de vibração ultrassónica na medida em que permitem eliminar a dentina e diminuem o risco de desgaste excessivo.

No entanto, apesar de serem muito eficazes, a sua manipulação deve ser realizada com cuidado e precisão, durante esta fase sensível do tratamento endodôntico, para evitar desgastes excessivos na dentina. (Arbona & Martin, 2011)

Apresentam-se abaixo alguns exemplos de dispositivos que podem ser usados em endodontia de acordo com Bronnec, (2006).

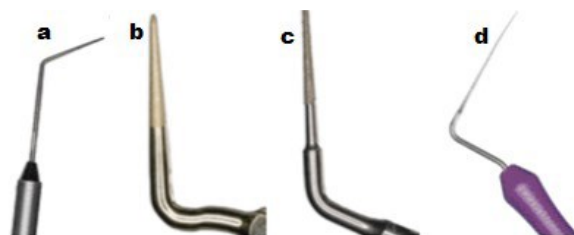


Figura 8 - Instrumentos utilizados durante o processo de desgaste dentinário (Bronnec, 2006).

- (a) Sonda DG16
- (b) Ponta a ultrassom ProUltra® n° 3
- (c) Ponta a ultrassom EndoSuccess® ET18D
- (d) MicroOpeners® (Dentsply-Maillefer)

MicroOpeners® são muito úteis uma vez que esteja localizada a entrada canal. A sua inserção permite ampliar o orifício graças à configuração das espiras da porção ativa ser idêntica à de uma lima Hedstrom (ou lima H).

As pontas ultrassônicas são cónicas e a ponta ativa arredondada ou pontiaguda permitindo um desgaste efetivo favorecido pelo revestimento na sua superfície de uma fina camada de diamante ou zircónio. (Bronnec, 2006)

As pontas de ultrassons da série CKT da empresa EIE2 podem preparar a câmara pulpar e os canais, sendo frequentemente utilizadas nos dentes posteriores e em pacientes com abertura de boca limitada.

(Nallapati S., 2010)



*Figura 9- Sonda ultrassom CKT2D.
(Nallapati 2010)*



Figura 10- Brocas de desgaste para abertura pulpar. (Nallapati 2010)

- Técnicas com recurso a processo ótico

O uso de dispositivos de ampliação e iluminação é recomendado em muitos artigos, considerando alguns médicos dentistas que estes instrumentos são essenciais para uma boa prática endodôntica.

(Del Fabbro et al., 2009)

Estes dispositivos são hoje amplamente aceites pela comunidade de endodontistas, quer em tratamentos cirúrgicos como não cirúrgicos, na medida em que apresentam a capacidade de melhorar a eficácia diagnóstica dado que possibilitam uma melhor visualização do campo operatório.

(Del Fabbro et al., 2009)

De fato, eles permitem identificar melhor a presença de istmos, canais acessórios, micro-fraturas radiculares ou quaisquer outras dificuldades potencialmente prejudiciais ao prognóstico terapêutico.

(Coelho De Carvalho & Zuolo, 2000)

As principais ferramentas óticas utilizadas na endodontia são lupas, microscópios óticos e endoscópios. No entanto, a utilização unicamente do olho nu ainda é amplamente utilizada.

(Del Fabbro et al., 2009)

- Olho nu

Até há relativamente pouco tempo, a única ferramenta de diagnóstico visual era o olho sem qualquer meio de ampliação. Assim, o clínico recorria ao sentido tátil para utilizar corretamente as limas endodônticas, servindo das radiografias periapicais, apenas, para retirar informações sobre a estrutura interna do dente.

O tratamento endodôntico foi considerado um trabalho "cego" e a destreza do médico dentista, a sua capacidade de representar mentalmente a rede de canais e a sua tenacidade eram qualidades inseparáveis de um prognóstico favorável.

(Carr & Murgel, 2010)

Embora os dentistas mais experientes tenham usado os olhos para discernir detalhes minuciosos de mudança de cor ou translucidez, o fato é que qualquer médico dentista sempre se defrontará com os limites fisiológicos do seu organismo.

(Carr & Murgel, 2010)

A resolução máxima dos olhos, sem recurso a um qualquer meio de ampliação, é de apenas 0,2 mm, significando que dois pontos que distem entre si menos de 0,2 mm não podem ser diferenciados e serão tratados como sendo apenas um.

(Carr & Murgel, 2010)

Assim, qualquer ferramenta para aumentar essa resolução pode ser extremamente útil em medicina dentária, especialmente a dentisteria conservadora, periodontologia e endodontia que, entre outras, contém procedimentos que requerem ampliação maior que o limite fisiológico que o olho humano permite.

(Carr & Murgel, 2010)

Abaixo encontra-se uma lista, não exaustiva, de procedimentos que podem exigir uma precisão inferior a um décimo de milímetro:

- A linha de terminação dos preparos.
- Os alisamentos radiculares e de furcas.
- As incisões cirúrgicas.
- A deteção das entradas dos canais radiculares.
- A remoção de tecido cariado.
- Colocação de postes intra-radiculares.
- A remodelação óssea e de tecidos moles.

(Carr & Murgel, 2010)

Pode-se sempre argumentar que seria suficiente para o médico dentista, com o intuito de melhorar o detalhe, aproximar-se fisicamente do campo cirúrgico elevando o paciente e/ou inclinando-se, mas este procedimento tem consequências nefastas para o médico dentista.

Primeiro, o poder de acomodação do olho é limitado. Existem limites a partir dos quais o olho humano não consegue continuar a focar e a imagem se torna difusa, sendo essa distância mínima estimada em cerca de 25 cm. Quanto mais velho for o médico dentista, menos elástico se torna o cristalino do olho, originando maior cansaço e menor capacidade de acomodação. A perda progressiva, com a idade, da elasticidade do cristalino é chamada de presbiopia e é um processo fisiológico inevitável.

(Carr & Murgel, 2010)



Figura 11 - Posição de trabalho não ergonômica usando o olho nu. Os óculos clássicos não são considerados meios de ampliação. (Arens 2003)

Além disso, trabalhar numa posição curvada não é uma postura considerada ergonômica, levando o médico dentista a cansar-se rapidamente, podendo até, vir a originar o aparecimento de uma patologia osteoarticular a médio ou longo prazo.

Assim, a solução para superar esses limites fisiológicos passa pela utilização de ferramentas que não estão sujeitas a restrições de acomodação. (Dable et al., 2014)

As lentes podem melhorar a resolução e nitidez de uma imagem sem ter que se aproximar ou modificar a posição de trabalho do médico dentista ou do paciente.

(Carr & Murgel, 2010)

- Dispositivos de ampliação

Hoje em dia é comum usar dispositivos de ampliação, com o objetivo de tentar melhorar a qualidade dos tratamentos. Desde o aparecimento de procedimentos clínicos endodônticos em espaços exíguos, que os cientistas sempre procuraram maneiras de melhorar a percepção do campo operatório. (Kim, 2004)

Assim, o uso de lupas binoculares e microscópios óticos são utilizados por terem a reputação de ser uma ajuda ergonômica inestimável para o médico dentista. Estes equipamentos melhoram a postura de trabalho e, portanto, reduzem a fadiga causada por uma posição fletida adotada pelo médico dentista para reduzir a distância operatória ao objeto a focar. Assim, o risco de lesão, usando estes dispositivos, torna-se manifestamente reduzido. (Philippe Perrin, Daniel Jacky, 2000)

No entanto, a ergonomia do médico dentista não é tudo, pelo que importa saber se há um benefício em termo de eficácia do tratamento, no que concerne a duração do procedimento, a qualidade do prognóstico, bem como aos custos e outros fatores relevantes associados ao tratamento endodôntico. (Del Fabbro et al., 2009)

Muitos estudos *in vitro* foram realizados e parecem indicar que, através do uso de um dispositivo de ampliação, seja um microscópio, um endoscópio ou lupas, é possível a detecção de mais estruturas anatômicas do que quando apenas recorrendo ao olho nu. Assim, em teoria, a qualidade intrínseca do tratamento pode ser afetada por essas tecnologias. (Del Fabbro et al., 2009)

E esta não é a única vantagem. Abaixo encontra-se uma lista de parâmetros segundo Del Fabbro et al., (2009) que podem ser positivamente afetados pela ampliação, qualidades essas que são mais ou menos marcadas de acordo com o tipo de dispositivo escolhido: lupas binoculares, endoscópio ou microscópio ótico.

- Capacidade de remover um instrumento fraturado no canal.
- Visão e percepção da morfologia radicular.
- Capacidade de encerramento completo dos canais radiculares.
- Corrigir uma perfuração canalar.

- Duração necessária para completar o procedimento endodôntico cirúrgico ou não cirúrgico.

Além dessas vantagens técnicas, a única possibilidade de identificar características anatômicas invisíveis a olho nu é crucial para o prognóstico endodôntico.

(Del Fabbro et al., 2009)

- Lupas

A utilização de lupas de ampliação tem utilidade quando o médico dentista trabalha muito próximo do campo cirúrgico. Quanto mais próximo o dentista estiver do campo cirúrgico, menor o seu campo de visão e mais rapidamente surge a fadiga visual.

De fato, a capacidade de o cristalino se acomodar, isto é, permitir ao médico dentista ver em maior profundidade sem ter que se mover, vem da possibilidade que este tem, através de uma contração muscular dos músculos da periferia alterarem a sua forma e, por conseguinte, as suas propriedades óticas. No entanto esta capacidade de deformação tem os seus limites.

(Carr & Murgel, 2010)

Classificamos lupas de acordo com o método de ampliação ótica:

- 1) A dioptria: uma única lente plana, o que corresponde ao termo "lupa".
- 2) O telescópio cirúrgico galileu: duas lentes. Permite a ampliação entre x2 e x4.5 e tem a vantagem de ser leve, pequeno e compacto.
- 3) O telescópio cirúrgico de Kepler: *design* baseado no princípio de prismas óticos reflexivos que criam um caminho de luz complexo, podemos chegar a uma ampliação de x6 com este sistema.

(Carr & Murgel, 2010)

Os telescópios cirúrgicos, sejam baseados numa configuração galileana ou kepleriana, possuem capacidade de ampliação superior associada a poucas distorções óticas ou cromáticas, e ambos têm distâncias focais efetivas: recomenda-se usá-los a uma distância entre 28 e 38 cm. Eles ajudam a reduzir a fadiga visual e muscular graças a uma posição de trabalho mais ergonômica, sendo, portanto, considerados superiores a lupas simples.

(Carr & Murgel, 2010)

No entanto, a sua desvantagem, reside no facto da sua capacidade máxima de ampliação estar entre x4,5 e x6. Contudo, quanto maior a ampliação, mais volumoso e pesado fica o dispositivo, bem como mais restrito se torna o campo de visão. Assim, embora permitam uma postura mais ergonómica, o seu uso prolongado pode causar fadiga considerável, especialmente no pescoço e nas costas, uma vez que são usados no rosto. (Arens, 2003)



Figura 12 - Posição comum de trabalho com lupas binoculares, observa-se uma posição exaustiva para o pescoço e as costas. (Arens 2003)

- Microscópio

O uso de um microscópio cirúrgico é fortemente recomendado em endodontia. A ampliação e a considerável entrada de luz proporcionada pelo microscópio cirúrgico permitem compreender melhor a anatomia da câmara pulpar e explorá-la em todos os detalhes. Essa observação cuidadosa permite que o operador entenda as subtilezas anatómicas, visualize melhor o pavimento pulpar e, conseqüentemente, localize os orifícios dos canais mais facilmente. O seu uso é particularmente útil em casos onde as calcificações estão presentes na câmara e mascaram os orifícios do canal.

(Carr & Murgel, 2010)



Figura 13 - Uso do microscópio cirúrgico, posição ergonômica correta. (Arens 2003)

O uso do microscópio cirúrgico facilita muito as manobras endodônticas e reduz consideravelmente o stress do operador.

(Nallapati S., 2010)

No entanto, uma posição de trabalho mais ergonômica contribui para reduzir a fadiga do médico dentista, mas também melhora a eficiência dos seus tratamentos e economiza tempo na organização das tarefas.

(Arbona, 2016)

Apresentam-se abaixo alguns procedimentos endodônticos que podem beneficiar do uso de um microscópio operacional:

- Corrigir perfurações iatrogénicas ou patológicas.
- Desbloquear os canais calcificados.
- Localize canais escondidos, fissuras de dentina e outras características morfológicas não detetáveis a olho nu.
- Melhorar o retratamento endodôntico e a preparação para a inserção de um poste protético.
- Melhorar a instrumentação do canal, permitindo uma preparação mais conservadora dos tecidos biológicos.
- Melhorar os tratamentos endodônticos cirúrgicos.
- Tirar fotografias operatórias

(AAE Position Statement, 2012)

De facto, a exploração do sistema de canais radiculares é um daqueles procedimentos que sempre beneficiarão do aumento da visão. (Carr & Murgel, 2010)

Uma vez realizada a abertura pulpar, pode-se observar que a entrada dos canais é muitas vezes coberta por dentina e uma análise precisa da morfologia da câmara impossibilita a localização dos canais a olho nu, sendo nesse momento que o uso do microscópio ótico se torna particularmente útil.

(Zuolo, Carvalho, & De-Deus, 2015)

O microscópio possibilita a exploração de recessos anatómicos confinados e pouco iluminados que não poderiam ser apreendidos com tanta facilidade ou precisão com os nossos olhos nus.

(Das, Warhadpande, Redij, Jibhkate, & Sabir, 2015)

Um microscópio ótico comum pode aumentar drasticamente a capacidade de resolução: de 0,2 mm a olho nu para 0,006 mm.

Foi assim que, o microscópio ótico trouxe benefícios com a sua introdução, tanto nos procedimentos endodônticos e periodônticos, como também na dentisteria restauradora, tornando-se verdadeiramente legítima a sua utilização e sendo considerado, por muitos, como uma ferramenta essencial. (Carr & Murgel, 2010)

No entanto, o seu uso requer um tempo de adaptação e treino sendo que, quanto maior for a ampliação com que se trabalha, maior o tempo necessário para se adaptar a essa ampliação e a capacidade de acomodação.

Infelizmente, quer a manipulação de um microscópio ótico quer as competências associadas à sua utilização não são, em grande parte, ensinadas em universidades de medicina dentária. Por este motivo, muitos médicos dentistas estão distantes dessa realidade e quando prante a utilização destes equipamentos encontram dificuldades como sejam, por exemplo, pequenos movimentos de tremor que sob ampliação tem uma dimensão que pode constituir um problema. (Carr & Murgel, 2010)

Apesar disso, o microscópio ótico tem tido utilidade na endodontia:

- Cirúrgica: permitindo um exame preciso do ápex radicular e a realização de uma ressecção da extremidade da raiz do dente com um bisel mínimo. Os procedimentos podem ser mais conservadores e eficientes.
- Não cirúrgica: permitindo visualizar algumas vezes até a zona apical, nos canais retilíneos. Podemos, portanto, identificar e eliminar seletivamente obstáculos fisiológicos com muito mais precisão e em maior profundidade no dente. (Carr & Murgel, 2010)

Embora amplamente aceite, hoje em dia, alguns endodontistas ainda não cederam ao seu uso e consideram-no apenas como mais uma ferramenta, entre tantas outras, ao contrário daqueles para quem o seu uso é indispensável e revolucionário.

O preço é frequentemente mencionado quando se trata de explicar a recusa na introdução do microscópio na prática endodôntica diária, no entanto, por trás deste argumento está muitas vezes escondida a falta de vontade para mudar a prática clínica, em termos de ergonomia e organização. A isto soma-se ainda, infelizmente, a falta de domínio técnico do equipamento ótico, especialmente porque quando o uso é esporádico verifica-se alterações organizacionais na consulta não positivas. (Arbona & Martin, 2011)

O uso esporádico do microscópio atrasa a dinâmica da consulta pois a instalação e a retirada deste equipamento de dimensão considerável requer tempo, daí que seja vantajoso o seu uso sistemático na consulta. Desta forma, permite eliminar esse tempo perdido, obrigando o médico dentista a mudar a sua prática em termos ergonómicos e, necessariamente, a desenvolver a facilidade de manipulação do equipamento e a nitidez associados ao seu uso regular. (Carr & Murgel, 2010)

- Endoscópio

Vimos que o microscópio operatório é um instrumento muito eficaz, no entanto, é bastante volumoso e seu uso pode ser complicado. O manuseamento de instrumentos no campo de visão também pode ser incômodo e diminuir a eficiência da análise do sistema de canais radiculares.

O endoscópio permite uma boa visualização do campo operatório e é de fácil utilização, especialmente porque desenvolvimentos recentes permitiram a integração de iluminação, ampliação, irrigação, sucção e uso de microinstrumentos num único equipamento.

(Moshonov & Nahlieli, 2011)

Existem três tipos de endoscópios: flexíveis, semirrígidos e rígidos. Estes últimos podem ser usados em cirurgia endodôntica, embora geralmente sejam menos utilizados.

O endoscópio semirrígido apresenta um maior número de vantagens, pois permite a inserção mais fácil no endodonto, devido ao seu pequeno diâmetro e à sua grande flexibilidade e por fim a imagem gerada que é de boa qualidade.

(Moshonov & Nahlieli, 2011)



Figura 14 - Endoscópio rígido. (Moshonov & Nahlieli, 2011)

A qualidade da imagem depende das fibras óticas e do número de pixels criados pelo endoscópio, sendo este número dependente do diâmetro externo da sonda. Os filamentos óticos não podem ter menos que alguns micrômetros de diâmetro e, apesar disso, é possível obter imagens muito boas, desde que haja uma superfície de vidro na extremidade clara e limpa. Também depende da luz.

(Jones, 1976)

A iluminação do campo de operatório é conseguida através de fibras óticas, que são heterogeneamente orientadas para dispersar a luz emitida no final do endoscópio.

Finalmente uma lente está presente na parte final do instrumento, por forma a ampliar o campo de visão.

(M, Taschieri, Lodi, Banfi, & Rl, 2016)

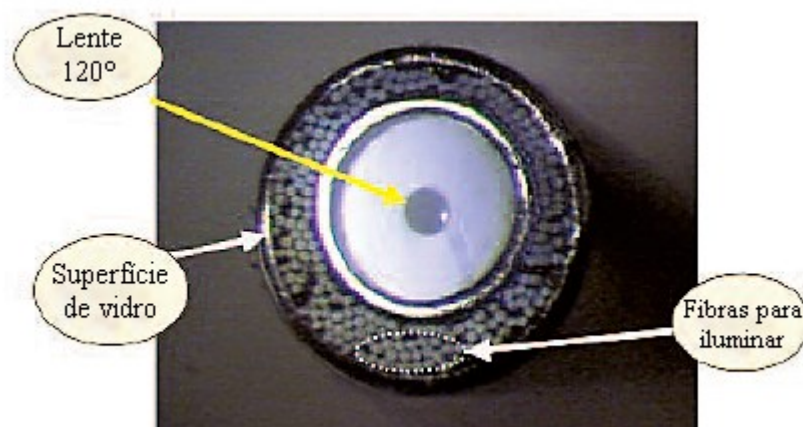


Figura 15 - Representação da extremidade do endoscópio (Moshonov & Nahlieli, 2011)

A passagem de uma sonda endoscópica contemporânea possibilita ver, irrigar, limpar e preparar o canal simultaneamente. Para o uso ideal desta ferramenta, a abertura do dente é crucial, pois é nesta etapa que se determina a acessibilidade e a penetração da sonda.

(Moshonov & Nahlieli, 2011)

O uso do endoscópio não é considerado particularmente incómodo e foi indicado que, de acordo com a experiência do médico dentista, o tempo necessário para completar o procedimento endodôntico é geralmente de apenas mais 4 a 5 minutos, comparativamente à utilização de um microscópio ótico, diferença esta que corresponde ao tempo necessário para a limpeza da lente entre cada passagem.

Apesar disso, este dispositivo é considerado por muitos como estando desatualizado e não comparável em termos de eficiência com o microscópio ótico.

(M et al., 2016)

- Meios óticos complementares

A fim de melhorar a detecção das entradas dos canais radiculares, podem ser depositados na cavidade de acesso corantes, dado que eles são sensíveis a qualquer tipo de material orgânico vivo ou que já esteja já necrosado.

Podem ser, por exemplo, utilizados a fluoresceína de sódio, o "Sable Seek" ou o azul de metileno. Estes corantes quando associados ao uso de um microscópio ótico, podem ser de grande ajuda para a localização dos canais.

(Bds, Dds, & C, 2004)

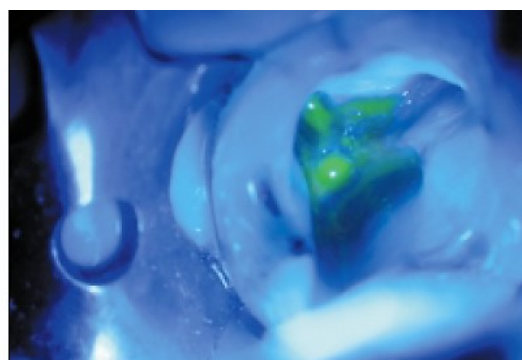


Figura 16 - Polpa dentária se torna fluorescente sob luz azul após exposição à fluoresceína. (Glassman 2004)

A diferenciação dentinária também pode ser acentuada pela técnica de transiluminação.

A luz é aplicada num lado da coroa do dente e a diferença cromática entre a dentina saudável e a dentina esclerótica é destacada.

(Nallapati S., 2010)



Figura 17 - Fenómeno de transiluminação. (Nallapati 2010)

- Técnicas com recurso a processo radiográfico

Os raios-X revolucionaram a medicina moderna. Isto não poupou a medicina dentária, especialmente a endodontia, onde a análise radiográfica é um dos pilares para um bom diagnóstico sobre o qual repousará a escolha do melhor tratamento e também do prognóstico associado. (Torabinejad & Walton, 2015)



Figura 18 - Radiografia periapical (Nallapati 2010)

As estruturas radiculares, ósseas e pulpaes não são visíveis a olho nu porque se encontram cobertas com tecido mole ou tecido dentário, pelo que o raio X nos permite analisar essas estruturas sem as destruir, tornando-se assim indispensável, hoje em dia, especialmente desde que seu uso é reconhecido como apresentando um risco muito moderado para a saúde se usado corretamente. (Torabinejad & Walton, 2015)

Não podemos mesmo considerar um tratamento endodôntico correto sem o uso de radiografias pré, intra e pós-operatórias. A radiografia é um procedimento cada vez mais indissociável da prática endodôntica. (Abdullah et al., 2017)

A radiografia periapical é a mais utilizada, sendo ainda hoje a técnica mais universalmente praticada, embora existam dispositivos de imagem mais avançados, como a micro-CT (*ex-vivo*) e CBCT (*in vivo*). Cada técnica possui peculiaridades próprias, auxiliando num melhor diagnóstico endodôntico e num melhor entendimento da morfologia dos canais radiculares. (Cotti, 2010)



Figura 19 - Pré-molar inferior com um tratamento endodôntico incorreto (Nallapati 2010)

- Radiografia Periapical

Alterações na mineralização e na estrutura óssea periapical que podem ser vistas pelas técnicas radiográficas são o principal indicador da periodontite apical e da progressão da cicatrização.

(Cotti, 2010)

As radiografias periapicais intraorais ainda são frequentemente utilizadas nos procedimentos endodônticos. Fornecem informações úteis sobre a presença e localização de lesões peri-radiculares, a anatomia do canal radicular e a proximidade de estruturas anatómicas adjacentes.

(Patel, Dawood, Whaites, & Pitt Ford, 2009)

Muitos artigos científicos publicados até à data comparam o sucesso e o fracasso da terapia endodôntica usando apenas o exame radiográfico periapical ou usando uma combinação de exames clínicos e radiográficos. Tem sido demonstrado que o tamanho de uma rarefação radiográfica não corresponde à quantidade real de destruição óssea, o que diminui a validade da avaliação do sucesso apenas quando baseada na interpretação radiográfica.

(Swartz, Skidmore, & Griffin, 1983)

Outros estudos demonstram o problema da determinação precisa e consistente do sucesso endodôntico usando apenas a evidência radiográfica. Uma abordagem clínica e radiográfica combinada oferece um método sensível e mais confiável para avaliar o sucesso endodôntico. No entanto, muitos outros problemas estão associados à radiografia periapical.

(Swartz et al., 1983)

Os raios X convencionais usados para gerir problemas endodônticos fornecem informações limitadas devido à natureza bidimensional das imagens produzidas, distorção geométrica e interferências anatómicas. Esses fatores geralmente atuam simultaneamente.

(Patel et al., 2009)

1) Compressão da anatomia tridimensional

Imagens convencionais comprimem a anatomia tridimensional numa imagem bidimensional, limitando grandemente a eficiência do diagnóstico. As características importantes do dente, e seus tecidos circundantes, são visualizadas apenas no plano mesiodistal (proximal). Características similares que ocorrem no plano vestibulo-lingual podem não ser totalmente apreciadas.

(Webber & Messura, 1999)

A relação espacial da(s) raiz(es) com estruturas anatómicas adjacentes e lesões periradiculares associadas nem sempre pode ser verdadeiramente avaliada com radiografias convencionais.

(Cotti & Campisi, 2004)

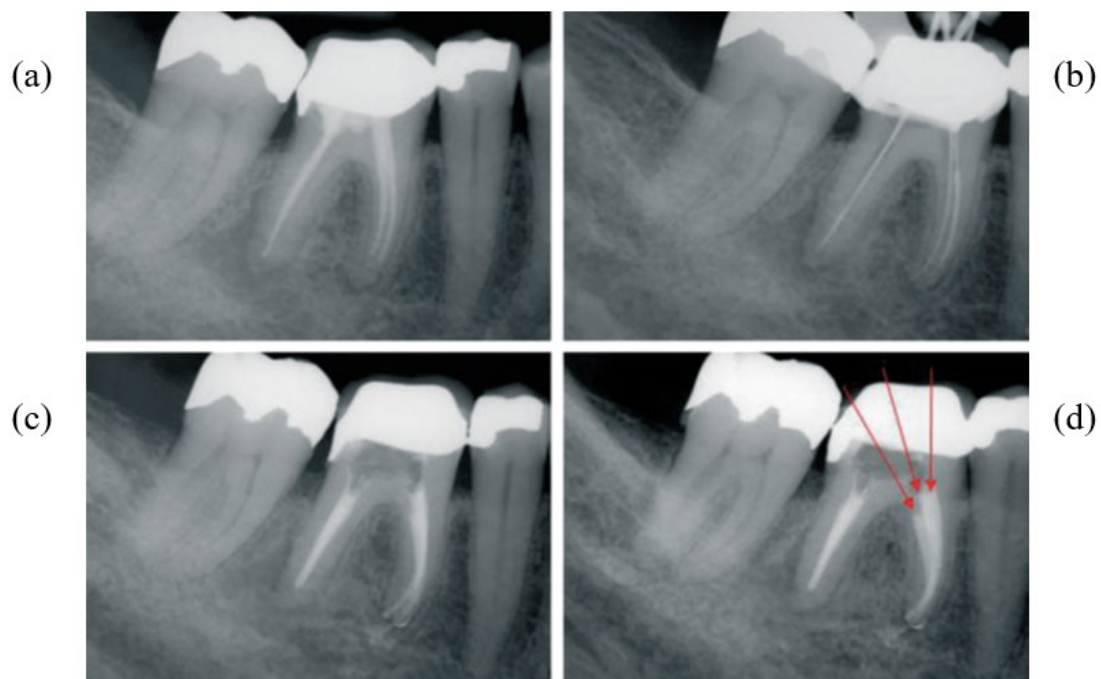


Figura 20 - Raios-x periapicais de um primeiro molar inferior direito. (Patel et al., 2009)

(a) Radiografia pré-tratamento revelando três canais bem fechados (dois mésias e um distal) (b) radiografia do comprimento de trabalho (c, d) pós-tratamento, note que dois canais adicionais (mésio e distolingual) são identificados e tratados, estes canais adicionais não foram identificados na radiografia pré-tratamento ou em (c).

(Patel et al., 2009)

Na tentativa de superar as limitações da radiografia periapical simples, exposições adicionais com mudanças de 10-15 graus na angulação horizontal do tubo (princípio de paralaxe) podem ser consideradas.

Múltiplas radiografias intraorais tomadas com diferentes ângulos podem ser necessárias para diagnosticar lesões dentárias de origem traumática (por exemplo, fraturas radiculares, luxações e avulsões) (Flores et al., 2007)

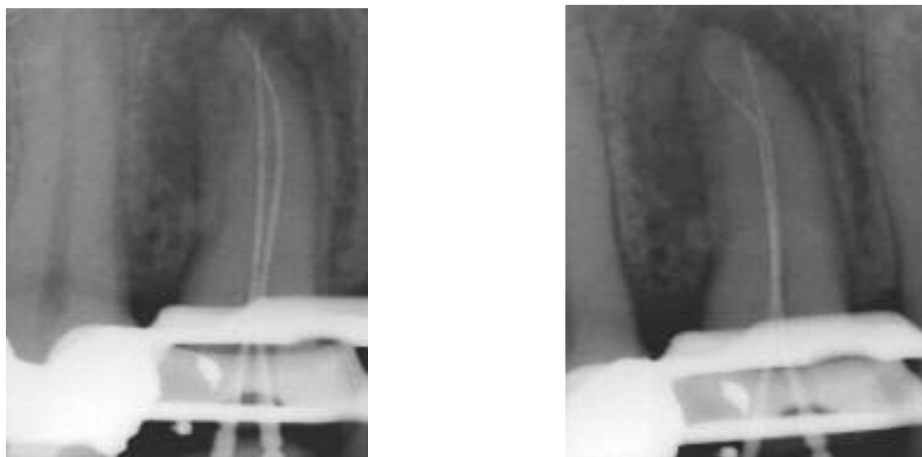


Figura 21 - Duas angulações diferentes numa radiografia periapical (Nallapati 2010)

O conhecimento do observador da anatomia e a sua experiência na interpretação de radiografias tiradas em diferentes planos, ajuda a visualizar a área avaliada em três dimensões. No entanto, essa imagem mental tridimensional pode não refletir com precisão a anatomia real da raiz. (Patel et al., 2009)

2) Distorção geométrica

Para uma reprodução precisa da anatomia, o recetor de imagem (filme de raios X ou sensor digital) deve estar paralelo ao longo eixo do dente, e o feixe de raios X deve ser perpendicular ao recetor de imagem. Isso geralmente é possível na região lingual da mandíbula, onde o pavimento da boca se adapta confortavelmente ao recetor de imagem, embora possa haver comprometimento em pacientes com boca pequena, reflexo de vomito e/ou baixa tolerância ao recetor. Ao nível da maxila, um arco palatino baixo também pode impedir o posicionamento ideal do recetor de imagem intraoral, mesmo usando um dispositivo de direcionamento de feixe. Esta falta de orientação dos eixos causa distorção geométrica (geometria de projeção) da imagem radiográfica.

(Patel et al., 2009)

As radiografias insuficientemente anguladas ou demasiado anguladas podem reduzir ou aumentar o comprimento da raiz radiográfica do dente e aumentar ou diminuir o tamanho ou, até mesmo, o desaparecimento das lesões periapicais.

(Huumonen & Ørstavik, 2002)



Figura 22 - Primeiro molar inferior direito num rx periapical com a técnica paralela. (Patel et al., 2009)

As lesões radiotransparentes periapicais mudam de tamanho e radiopacidade com uma mudança na angulação da cabeça do tubo de raios X.

(Patel et al., 2009)

3) Interferências anatômicas

Estruturas anatômicas podem encobrir a área de interesse, dificultando a interpretação do raios-X. Essas características anatômicas são chamadas de interferências anatômicas. Podem ser radiopacas (por exemplo, a estrutura zigomática) ou radiotransparentes (por exemplo, forâmen incisal, seio maxilar). Quanto mais complexo o ruído anatômico, maior a redução do contraste na área de interesse, de modo que a imagem radiográfica pode ser mais difícil de interpretar.

(Kundel & Revesz, 1976)

A complexidade da anatomia da região dos molares superiores pode explicar, entre outras coisas, porque alguns artigos constataram que a maior discordância entre os examinadores foi na detecção de lesões periapicais ocorridas nessa região.

(Patel et al., 2009)

As interferências anatômicas dependem de vários fatores, incluindo a anatomia sobrejacente, a espessura do osso esponjoso, a placa cortical e, finalmente, a relação entre os ápices radiculares e a placa cortical.

(Patel et al., 2009)

4) A problemática temporal

As imagens radiográficas representam apenas uma imagem fixa no tempo da área avaliada. Para avaliar os resultados do tratamento endodôntico, radiografias expostas em diferentes momentos devem ser comparadas. As radiografias pré, pós-tratamento e de acompanhamento devem ser padronizadas para manter a geometria, a densidade e o contraste semelhante e assim permitir uma interpretação confiável de quaisquer alterações que possam ocorrer nos tecidos periapicais. Raios-X pouco padronizados podem subestimar ou sobrevalorizar o grau de cura ou insucesso.

(Friedman, 2002)

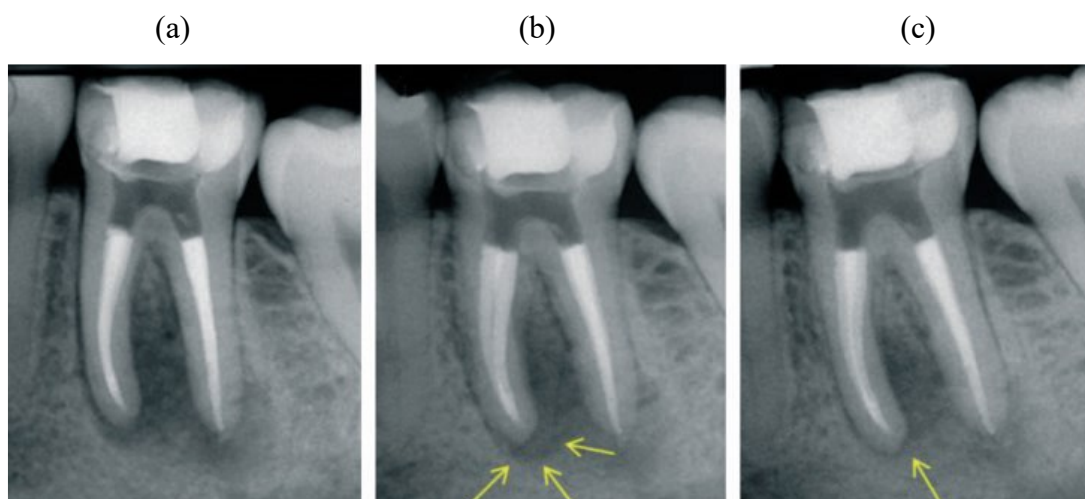


Figura 23 - Molar inferior esquerdo depois de um tratamento endodôntico e com angulações diferentes. (Patel et al., 2009)

(a) Imediatamente após o tratamento.

(b) 6 meses após tratamento. Não parece haver uma mudança no tamanho da radiotransparência periapical

(c) Alteração de 10 graus na incidência do tubo de raios-X. Visíveis sinais definitivos de cura periapical.

(Patel et al., 2009)

Um bloco oclusal pode ser usado para garantir que a película de raio X, o dente e o feixe de raios X estejam consistentemente alinhados, mas mesmo com essas técnicas, as radiografias periapicais intraorais ainda mostrarão inconsistências.

(Duckworth, Judy, Goodson, & Socransky, 1983)

- Computed Tomography - CT

A tomografia computadorizada (TC) é uma técnica que produz imagens tridimensionais de um objeto por meio de uma série de radiografias transversais bidimensionais. O aparelho consiste num pórtico que contém a cabeça de raios X rotativa e os recetores. No centro do pórtico há uma abertura circular, através da qual o paciente vai avançando há medida que o exame se executa. A cabeça do tubo e os recetores dentro do pórtico giram sincronicamente ao redor do paciente, os sensores assumem a forma de um anel contínuo e apenas a fonte de raios X se move. Os dados dos detetores produzem um perfil da fatia específica do corpo que está sendo radiografado. O procedimento é repetido até que a área tenha sido totalmente digitalizada (Patel et al., 2009)

Nos últimos quarenta anos, houve avanços consideráveis nesta tecnologia. Os modelos mais recentes são chamados de multislice CT (ou MSCT) porque incluem um arranjo linear de múltiplos detetores, permitindo que múltiplas "cortes" sejam tomadas simultaneamente quando a fonte de raios X e os recetores giram ao redor do paciente à medida que ele avança dentro do pórtico. Isso resulta em análises mais rápidas e, portanto, uma redução da exposição à radiação por parte do paciente. As cortes de dados são então sobrepostas e processadas para obter imagens tridimensionais. Assim, estruturas que cruzam diferentes planos podem ser visualizadas em qualquer direção escolhida pelo operador (por exemplo, axial, coronal ou sagital) sem ter que expor o paciente a outra radiação. (Pharoah, 2008)

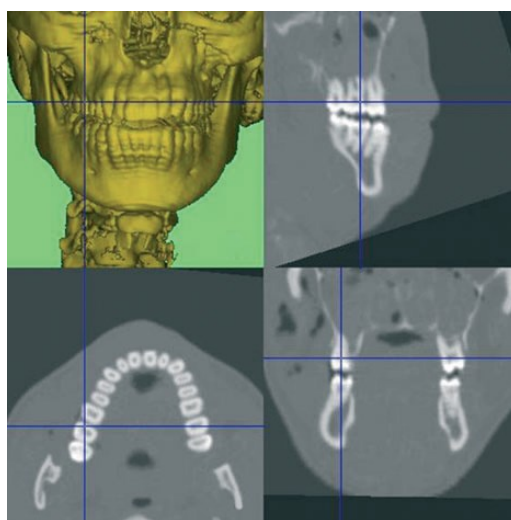


Figura 24 - Reconstrução tridimensional de uma imagem obtida por TC. (Patel et al., 2009)

Tachibana & Matsumoto, (1990) publicaram um dos primeiros artigos sobre a aplicação da tecnologia CT em endodontia. Eles foram capazes de obter informações adicionais sobre a anatomia do canal radicular e sua relação com outras estruturas faciais, como o seio maxilar, usando cortes axiais reconstruídos e reconstrução tridimensional de dados de TC.

Além das imagens tridimensionais, a tomografia computadorizada apresenta várias outras vantagens em relação à radiografia convencional. Estes incluem a eliminação das interferências anatômicas e a alta resolução de contraste, possibilitando a diferenciação de tecidos com menos de 1% de diferença na densidade comparativamente com a radiografia convencional onde esta diferença de densidade terá que ser de 10%.

(Patel et al., 2009)

Porém, deve-se ter em mente que uma dose muito alta de radiação é necessária para obter uma resolução suficientemente boa para avaliar a anatomia da rede de canais com detalhes suficientes. Mesmo assim, esta técnica também pode ser útil para o diagnóstico de dor odontogênica pouco localizada. Quando a radiografia convencional possa não revelar um qualquer problema no tecido periodontal o exame de TC pode vir a demonstrar a existência de uma lesão periapical não detetada inicialmente com a técnica convencional. (Nallapati S., 2010)

A avaliação da "terceira dimensão" com a tomografia computadorizada pode ajudar a determinar o número de raízes e canais associados, bem como as junções e outras divisões dos canais radiculares. Este conhecimento é extremamente útil no diagnóstico e tratamento endodôntico.

A aplicação da TC na endodontia tem sido lenta por várias razões, incluindo a alta dose efetiva e a resolução relativamente baixa no início desta técnica de imagem. Outras desvantagens são os altos custos dos *scanners*, a interferência de objetos metálicos e o fato de que esses dispositivos são encontrados normalmente em unidades onde existem centros de imagiologia. (hospitais, por exemplo). O acesso a este tipo de exame pode constituir um problema na prática diária para os dentistas. No entanto, a tecnologia CT convencional está sendo gradualmente substituída pela tecnologia de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) na abordagem da patologia endodôntica.

(Patel et al., 2009)

- Cone Beam Computed Tomography – CBCT

A tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT em inglês) é um sistema de *scanner* extra-oral que foi desenvolvido no final de 1990 para produzir radiografias tridimensionais do esqueleto maxilofacial com uma dose de radiação significativamente menor do que a técnica de CT tradicional. Ele difere do último em que todo o volume tridimensional de dados é adquirido durante um único varrimento do *scanner*, usando uma relação simples e direta entre o sensor e a fonte que gira sincronicamente ao redor da cabeça do paciente. Dependendo do *scanner* de CBCT usado, a fonte e o detetor de raios-x giram entre 180° e 360° ao redor da cabeça do paciente.

Ao contrário dos *scanners* de tomografia computadorizada clássicos, a maioria dos *scanners* CBCT atua sobre o paciente sentado ou em pé (e não totalmente deitado). O feixe de raios X é em forma de cone (daí o nome da técnica) e captura um volume de dados cilíndrico ou esférico, descrito como o campo de visão. Assim, não falamos mais de pixels, mas de voxels, e o seu tamanho geralmente varia entre 0,08 e 0,4 mm³.

(Patel et al., 2009)



Figura 25 - Aparelho para CBCT (patel 2009)

A sua maior vantagem sobre a TC convencional é a redução substancial na exposição à radiação. Isso se deve aos tempos rápidos de varrimento, feixes de raios X pulsados e sensores sofisticados de recetores de imagem. O feixe de raios-X pulsado permite até 570 exposições, enquanto a fonte de raios-x e o detetor giram ao redor do paciente.

Os *scanners* CBCT são fáceis de usar e ocupam aproximadamente o mesmo espaço que os aparelhos de ortopantomografia, tornando os *scanners* CBCT adequados para a prática dentária diária.

Fatias tomográficas podem ser exibidas de diferentes maneiras. Tipicamente, as imagens são exibidas nos três planos ortogonais axial, sagital e coronal simultaneamente. Selecionar e mover o cursor sobre uma imagem modifica simultaneamente as imagens dos outros planos, permitindo que a área de interesse seja digitalizada dinamicamente em tempo real. As vistas coronal e axial do dente são facilmente produzidas, permitindo ao clínico ter uma visão verdadeiramente tridimensional do dente inteiro e da anatomia circundante. Também é possível obter a anatomia de superfície tridimensional.

(Patel et al., 2009)

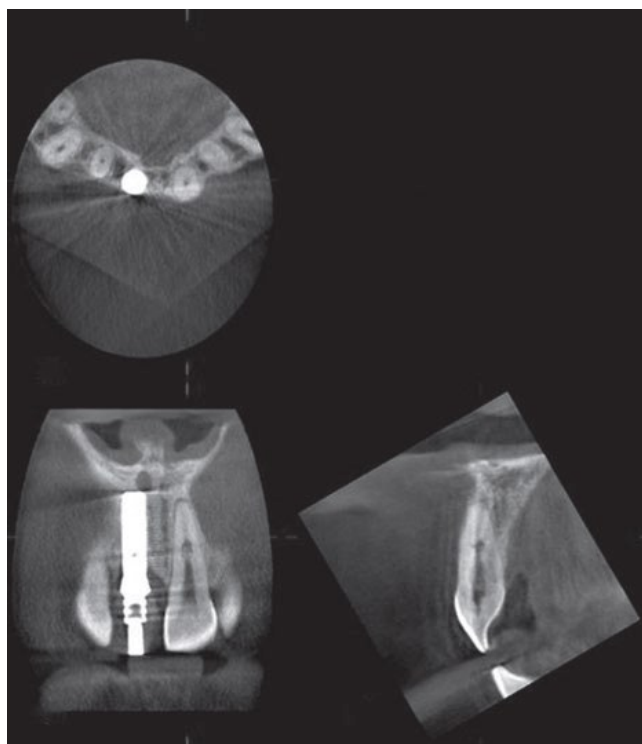


Figura 26 - Radiografia efetuada com um CBCT. (Patel et al., 2009)

Bartling et al., (2007) compararam a qualidade da imagem de um tomógrafo CBCT experimental a um *scanner* MSCT e concluíram que a CBCT tinha uma resolução mais alta para detetar estruturas pequenas e de alto contraste, como canais radiculares.

Uma conclusão semelhante foi obtida por Loubele et al., (2009) quando comparou a CBCT com a TC. No entanto, os parâmetros de exposição limitados aplicados à CBCT resultaram em menor contraste dos tecidos moles em comparação com a TC convencional.

Assim, as principais vantagens do uso da CBCT são que ela não é invasivo e permite a reconstrução 3D dos canais radiculares, mas apresenta obviamente algumas desvantagens. (Alrahabi & Zafar, 2015)

Tomaszewska et al., (2018) recomendam a utilização da TC de feixe cónico não só para para melhorar a detecção e o mapeamento do sistema de canais radiculares como também, para monitorizar o tratamento realizado.

No entanto, a dose de radiação adicional e o custo financeiro da CBCT significam que a necessidade terapêutica precisa ser cuidadosamente considerada.

A maior sensibilidade da CBCT para a deteção de lesões inflamatórias periapicais pode numa situação de reavaliação após vários meses do tratamento, indicar a existência de uma imagem compatível com uma lesão em desenvolvimento quando, na verdade o que mostra é uma lesão pré-existente que não foi identificada com a radiografia periapical convencional.

As imagens da CBCT têm menor resolução que os raios-x intraorais periapicais e também possuem artefactos do feixe emitido que podem esconder defeitos no preenchimento da raiz e nos espaços ao redor de sua periferia. (Abdullah et al., 2017)

Por essa razão, alguns artigos preferem afirmar que o exame da CBCT só deve ser realizado se houver sinais e sintomas clínicos após o tratamento do canal, quando as radiografias periapicais fornecerem evidências insuficientes para explicar este fato. Também pode ser útil, em casos complicados que não cicatrizam, quando é necessário tomar uma decisão sobre a opção da extração ou, a da realização de um retratamento. (Abdullah et al., 2017)

Apesar disso, a tomografia computadorizada de feixe cônico é um grande avanço na geração de imagens dentárias. Pela primeira vez, o clínico pode usar um sistema de imagem particularmente eficiente e acessível para visualizar facilmente áreas de interesse em qualquer plano. (Patel et al., 2009)

A sua utilização para o diagnóstico de lesões de tecidos duros e para tratamento de implantes e seleção de locais é bem conhecida. Diversos estudos estão sendo realizados com essa tecnologia para identificar a anatomia do canal, tanto *in vitro* quanto *in vivo*. Essa abordagem parece muito promissora e o uso rotineiro dessa tecnologia na endodontia para apreender a morfologia canalar provavelmente será óbvio.

(Nallapati S., 2010)

- Micro-computed Tomography - μ -CT

Sob condições *ex vivo*, quer dizer, apenas em dentes extraídos, técnicas de microtomografia computadorizada, também chamadas de micro-CT ou μ -CT, ganharam popularidade porque oferecem precisão, alta resolução, não são destrutivas e podem ser usadas para medidas quantitativas e qualitativas da anatomia canalar.

(Ordinola-Zapata et al., 2017)

As micro-CT foram desenvolvidas no início dos anos 80, produzindo voxels da ordem de 5 a 50 μ m oferecendo uma análise tridimensional reproduzível. Como o processo de imagem não é destrutivo, as mesmas amostras podem ser examinadas várias vezes e continuar disponíveis após a verificação de testes biológicos e mecânicos adicionais. Nos últimos anos, os sistemas de micro-CT rapidamente ganharam destaque como componentes essenciais de muitos laboratórios de pesquisa acadêmica e industrial, e têm sido usados para examinar uma ampla gama de espécimes, incluindo dentes, ossos e novos biomateriais. Novas gerações de sistemas de micro-CT também permitem imagens *in vivo* de pequenos animais.

(Ahmed, 2016)

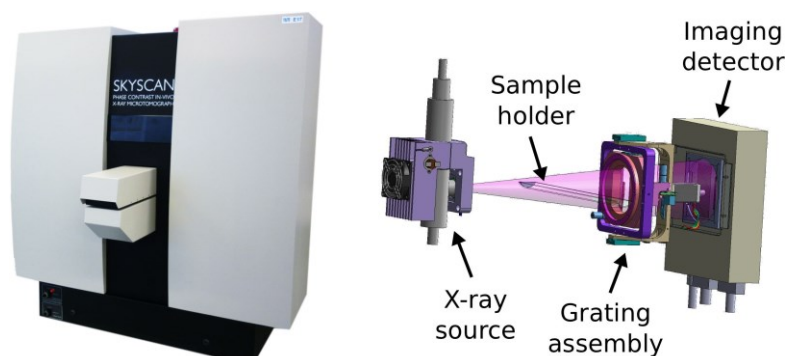


Figura 27 - Micro-CT Scanner (<http://medicalphysicsweb.org/cws/article/research/51234>)

Esta tecnologia também tem sido recomendada para avaliar mudanças na geometria do canal radicular antes e depois da preparação endodôntica. Os dados de alta resolução obtidos por essa técnica de aquisição de imagem, combinados com a capacidade de comparar com precisão fatias pré e pós-instrumentação tornam este dispositivo muito interessante em endodontia. Outras aplicações incluem a avaliação da qualidade do preenchimento do canal radicular e a eficácia dos sistemas de limas na remoção de materiais de obturação em caso de retratamento. (Ahmed, 2016)

A μ -CT permite uma melhor avaliação das estruturas anatômicas finas devido à possibilidade de usar um tempo de exposição mais alto (~ 40 min) e um tamanho de voxel menor do que a CBCT durante o procedimento de digitalização. Além disso, a capacidade de realizar uma rotação mais alta ao redor da amostra (360°) em comparação com a unidade Planmeca © CBCT (200°) permitiu o desenvolvimento de modelos 3D mais precisos e detalhados do sistema de canais.

(Ordinola-Zapata et al., 2017)



Figura 28 - Imagem de um primeiro molar superior obtido por micro-CT (Yamada2011)

É importante notar que Vertucci propôs o seu sistema de classificação vários anos antes da introdução da tecnologia de micro-CT na pesquisa endodôntica. O advento dessa técnica supera várias limitações metodológicas da técnica de diafanização e permite relatar várias novas variações anatômicas e complexidades da anatomia do canal radicular na dentição humana que não foram incluídas nas classificações anteriores. Portanto, a introdução de novas configurações anatômicas deve ser considerada num futuro próximo.

(Ordinola-Zapata et al., 2017)

- Nano-computed Tomography – n-CT

Dispositivos "nano-CT" com resolução espacial ultra alta estão agora disponíveis graças aos contínuos avanços tecnológicos no desenvolvimento de sistemas de micro-CT. Os sistemas de nano-CT, que geralmente usam uma fonte de ponto nano-focal (<400 nm), foram usados para analisar cartilagem, tecido ósseo, estrutura de biomateriais e imagem da rede vascular. O sistema nano-CT permite a visualização clara das estruturas no nível celular, bem como a infraestrutura interna das trabéculas ósseas e as fissuras microscópicas do tecido duro. Isso é atribuído às características técnicas avançadas do sistema nano-CT, graças à excelente resolução de contraste do detetor.

Além disso, o dispositivo é equipado com uma base de granito e uma unidade de rotação precisa, o que o torna muito estável durante o processo de aquisição de dados. A capacidade de obter varrimentos mais rápidos é outra vantagem sobre a micro-CT.

(Ahmed, 2016)

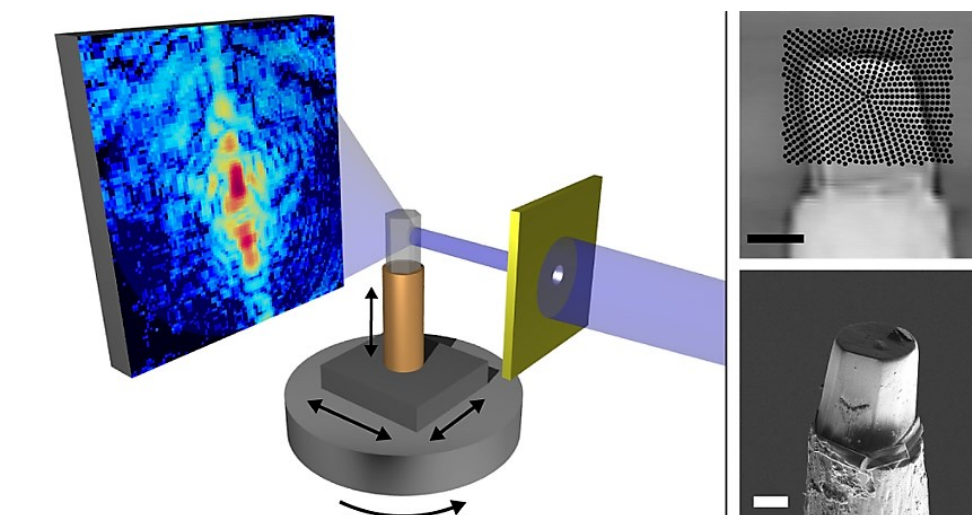


Figura 29 - Representação do funcionamento de uma nano-CT (<https://www.psi.ch/media/high-resolution-method-for-computed-nano-tomography-developed>)

Em endodontia, Mavridou et al., (2016) aplicou a tecnologia 3D moderna (micro e nano-CT) para realizar uma avaliação histológica e estudar o fenômeno da reabsorção cervical interna. Os resultados demonstraram a capacidade da nano-CT em identificar claramente o limite entre a zona de reparo tecidual e a dentina.

A nano-CT atualmente representa o instrumento com a maior resolução de imagem possível para uma máquina de tomografia laboratorial. Esta tecnologia está anunciando novas aplicações para imagens radiográficas no campo da endodontia. O futuro pode ser promissor para a habilidade do médico dentista de obter informações confiáveis e inovadoras sobre os detalhes da anatomia do canal, mas também, informações cruciais podem ser obtidas sobre as mudanças fisiológicas nas raízes dos dentes, alterações patológicas na raiz (como reabsorção radicular interna e externa) e seus processos de reparação, bioatividade dos materiais endodônticos e engenharia tecidual da polpa.

(Ahmed, 2016)

Mas a tecnologia nano-CT também tem os seus limites. Além dos altos custos, o método, até o momento, não pode substituir a avaliação histológica convencional, particularmente quando uma coloração específica é necessária para avaliações celulares. Configurações ideais também podem exigir experiências adicionais. Apesar da nano-CT oferecer melhores resoluções que a micro-CT, ainda apresenta alguns defeitos como o limite de tamanho da amostra estudada.

(Cuijpers et al., 2014)

D) Comparação relativa da eficácia na detecção do segundo canal mesiovestibular (MV2) do primeiro molar superior

O primeiro molar superior representa um paradoxo: é um dente frequentemente tratado em endodontia e, ainda assim, seu prognóstico pós-operatório é um dos mais baixos.

As principais razões para este contraste são:

- Este é o primeiro dente permanente a aparecer na boca e, portanto, está sujeito a mais alterações químicas, mecânicas e bacterianas do ambiente bucal
- O segundo canal mesiovestibular nem sempre é detetado e tratado por endodontistas e vimos que um canal não tratado representa um grande obstáculo para um prognóstico favorável.

(Alrahabi & Zafar, 2015; Smadi & Khraisat, 2007)

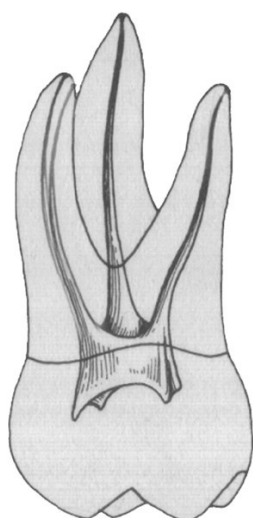
No passado, pensava-se que este dente só tinha 3 canais, um para cada raiz.

Hess, (1925) foi pioneiro na descoberta do que mais tarde viria a ser chamado de MV2 e que ainda representa um desafio para os endodontistas na atualidade.

(Coelho et al., 2002)

As raízes do primeiro molar superior tendem a ser ovoides, o que pode ser confuso na detecção dos canais, especialmente durante a fase de interpretação de um raio-X. O dente pode apresentar entre 2 e 8 canais no total em uma ampla gama de possíveis configurações.

(Abuabara, Baratto-Filho, Aguiar Anele, Leonardi, & Sousa-Neto, 2013)



A capacidade de detetar a existência do canal MV2 depende do método exploratório utilizado. O estudo da percentagem de sucesso na detecção deste canal é, portanto, uma boa ferramenta para comparar a eficácia das técnicas clínicas, uma vez que, representa um desafio para muitos endodontistas.

(Su et al., 2017)

Figura 30 - Representação vestibular do primeiro molar superior com uma configuração canalar frequente. (Clark 2010)

- Olho nu e Ampliação

Não existe um grande número de artigos científicos que comparem os resultados endodônticos com base nas técnicas de ampliação, e os estudos que existem, geralmente envolvem amostras menores. O problema associado à realização de tais estudos reside nas muitas variáveis encontradas na realização de procedimentos endodônticos não cirúrgicos. Essas variáveis incluem a habilidade do médico dentista, a morfologia do dente, o tipo de irrigante utilizado, o tamanho da lesão presente, as várias variações anatómicas que podem existir no dente e muitos outros fatores agravantes.

(AAE Position Statement, 2012)

Atualmente, têm sido observados avanços tecnológicos e, diferentes técnicas foram introduzidas para facilitar a avaliação das variações anatómicas internas das raízes dentárias. Para este fim, o uso de um microscópio cirúrgico na prática clínica diária poderia facilitar a localização e manipulação de canais adicionais através da ampliação visual da área de trabalho.

Estudos mostraram que, quando a experiência do operador aumentava como resultado do uso regular de um microscópio cirúrgico, a incidência de detecção adicional de canais poderia chegar aos 93%.

(Baratto Filho et al., 2009)

Baldassari-Cruz et al (2002), demonstraram um aumento no número de segundos canais mesiovestibulares (MV2) localizados de 51% a olho nu para 82% com o microscópio ótico (OM). Em outra amostra, 41,3% dos canais MV2 foram identificados quando lupas binoculares foram utilizadas e 93,7% foram identificadas pelo microscópio cirúrgico.

(Baldassari-Cruz, Lilly, & Rivera, 2002)

O objetivo de Smadi & Khraisat, (2007), foi determinar se a detecção do canal MV2 dos primeiros molares superiores era igualmente eficaz com ou sem ampliação.

Cem primeiros molares superiores foram extraídos. Depois de realizar a abertura da câmara pulpar e um desgaste dentinário, os canais MV2 localizaram-se diferentemente segundo 2 grupos:

O 1º grupo com uma visão não assistida e o 2º grupo com lupas dentárias apresentando um aumento moderado de x3. Depois todas as amostras foram coloridas, tornadas transparentes por diafanização e classificadas.

O número de canais MV2 detetados aumentou de 55 (56,7%) no 1º grupo para 61 (62,9%) no 2º grupo. Os dentes diafanizados, que usamos aqui como referência, estabeleceram uma percentagem de 77,32%.

A efetividade da localização do MV2 foi, portanto, de 73,3% e 82,7% respetivamente para os 2 grupos, portanto não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos de deteção do canal MV2 com um teste χ^2 (teste de qui quadrado) a 5%.

Observa-se, portanto, que o uso da ampliação melhorou a capacidade de detetar canais MV2, embora a diferença não seja estatisticamente significativa.

(Smadi & Khraisat, 2007)

Outro estudo interessante é o de Buhrley, Barrows, BeGole, & Wenckus, (2002) em que o objetivo foi determinar se o microscópio operatório e/ou as lupas dentárias poderiam melhorar a habilidade do médico dentista em localizar o canal MV2 do molar superior em um contexto clínico *in vivo*.

Os endodontistas participantes utilizaram 312 dentes, os que utilizaram o microscópio ou lupa dentária localizaram o canal MV2 com frequência de 57,4% e 55,3%, respetivamente. Aqueles que não usaram ampliação localizaram o canal MV2 com uma frequência de apenas 18,2%.

Assim, quando nenhuma ampliação foi utilizada, significativamente menos canais MV2 foram localizados com base em uma análise qui-quadrado de 1%. No entanto, não houve diferença significativa entre o uso do microscópio e as lupas dentárias na frequência de localização do canal MV2.

Em outra amostra, as frequências de deteção do canal MV2 com o microscópio, as lupas dentárias e o grupo sem ampliação foram de 71,1%, 62,5% e 17,2%, respetivamente. Os resultados deste estudo mostram que o uso de magnificação nos grupos combinados leva a uma taxa de deteção de MV2 aproximadamente três vezes maior que a do grupo sem ampliação e que a ausência de ampliação leva ao esquecimento de muito mais canais MV2.

(Buhrley et al., 2002)

Contrariamente, Stropko, (1999) refere que o microscópio cirúrgico não melhorou significativamente a capacidade de localizar os canais, mas que melhorou a capacidade de negociá-los. Ele também determinou que mais canais de MV2 podem ser encontrados há medida que o dentista se torna mais experiente e quando tem mais tempo para a realização do tratamento.

Portanto, não parece haver qualquer dúvida sobre a necessidade de usar um meio de ampliação face à ineficácia, bastante preocupante, da utilização simples do olho nu na detecção do canal MV2, embora não exista, ainda, consenso sobre a melhor ferramenta para escolher entre o microscópio de operação e lupas binoculares.

(Smadi & Khraisat, 2007)

- Rx periapical e CBCT (*in vivo*)

Uma técnica ideal para o estudo da anatomia dos canais radiculares seria aquela que não fosse apenas precisa, simples e não destrutiva, mas também, e acima de tudo, viável e reproduzível em um cenário *in vivo*. Melhorias nos sistemas de imagem digital permitiram a avaliação *in vivo* da anatomia pulpar usando métodos não destrutivos, como a CBCT. Esta técnica de imagem melhora a detecção de raízes e canais adicionais, incluindo o canal MV2 dos molares superiores, em comparação com a radiografia digital bidimensional.

(Blattner, George, Lee, Kumar, & Yelton, 2010; Domark, Hatton, Benison, & Hildebolt, 2013)

O sistema de Tomografia por Feixe Cônico (CBCT) foi desenvolvido para avaliar o tecido duro, para facilitar o diagnóstico oral e maxilofacial e o planeamento de implantes. Desde então, esse sistema tem sido muito útil em determinados problemas endodônticos, devido à identificação de características anatômicas e variações do sistema de canais radiculares, uma vez que, o diagnóstico endodôntico e o planeamento do tratamento têm sido difíceis de executar com radiografias bidimensionais.

(Baratto Filho et al., 2009)

O uso correto da radiografia periapical intraoral baseada na realização de duas radiografias com diferentes angulações pode ajudar a separar as raízes que estão no mesmo plano e, assim, por exemplo, identificar a presença dum segundo canal mesiovestibular nos molares superiores. No entanto, deve-se notar que múltiplas radiografias intraorais não garantem a identificação de toda a anatomia ou lesão periapical e, infelizmente, podem não revelar muito mais do que uma única exposição.

(Patel et al., 2009)

O artigo de Abuabara et al., (2013), apresenta dados de comparação interessantes. O objetivo do estudo foi comparar a eficácia dos métodos clínicos e radiológicos na localização e classificação dos canais MV2 nos primeiros molares superiores com base na classificação de Vertucci:

A análise radiográfica periapical revelou a presença de MV2 em quatro (8%) dentes, a análise clínica em 25 (50%), a CBCT em 27 (54%) e a análise clínica após CBCT e o uso de microscópio cirúrgico em 27 (54%) e 29 (58%) dentes, respetivamente. O uso de pontas de ultrassom Start X® permitiu a deteção de dois dentes adicionais com MV2 (62%). Segundo a classificação de Vertucci, 48% dos canais mesiovestibulares encontrados foram do tipo I, 28% do tipo II, 18% do tipo IV e 6% do tipo V.

A análise estatística não mostrou diferença significativa ($p > 0,05$) na capacidade da CBCT em detetar canais MV2 em comparação com avaliação clínica com ou sem recurso ao microscópio operatório.

No entanto, foi encontrada uma diferença significativa ($p < 0,001$), entre a utilização da radiografia periapical e a CBCT.

Os autores concluem, que o uso combinado de diferentes métodos aumentou a deteção do MV2, mas sem diferença estatística entre CBCT, microscópio operatório, Start X® e análise clínica.

(Abuabara et al., 2013)

- CBCT e micro-CT (*ex vivo*)

Recentemente, a CBCT tem sido utilizada em estudos *ex vivo* para avaliar a anatomia do canal radicular em diferentes grupos de dentes. No entanto, até o momento, apenas alguns estudos compararam a precisão das técnicas de CBCT com micro-CT ou métodos histológicos para detetar diferentes configurações de canal.

Michetti, Maret, Mallet, & Diemer, (2010) encontraram uma alta correlação entre imagens de CBCT (tamanho de voxel de 75 µm) e cortes histológicos. Entretanto, apenas 9 espécimes, incluindo 3 molares, foram estudados.

Domark et al., (2013) e Blattner et al., (2010) não relataram diferença entre CBCT e micro-CT na detecção do canal mesiovestibular (MV2) da raiz mesial dos molares superiores. Entretanto, os critérios de avaliação simples utilizados nesses estudos (presença ou ausência de MV2) podem explicar essa semelhança. Infelizmente, devido às diferenças nos objetivos metodológicos e o reduzido número de dados publicados, a comparação dos resultados publicados é difícil.

(Ordinola-Zapata et al., 2017)

É importante recordar que a técnica de diafanização, micro-tomografia computadorizada e CBCT possuem diferentes indicações; enquanto as duas primeiras metodologias são usadas apenas em estudos de laboratório (*ex vivo* / *in vitro*), a técnica de CBCT é comumente usada como um auxiliar de diagnóstico em endodontia clínica (*in vivo*).

Assim, num cenário clínico, onde a utilização de sensores radiográficos digitais deteta imagens anormais ou, em casos em que o recurso à ampliação permitiu encontrar variações do normal, faz sentido usar a CBCT para diagnóstico adicional.

Assim, as técnicas de CBCT ainda podem fornecer informações clínicas úteis. Por outro lado, apesar da limitada aplicabilidade clínica da tecnologia de micro-CT, este método provou ser o “gold standard” atual para o estudo *ex vivo* da anatomia do sistema de canais radiculares da mesma forma que a CBCT provou ser o “gold standard” atual do estudo *in vivo*. (Ordinola-Zapata et al., 2017)

III – Conclusão

A história da endodontia mostra que são os meios exploratórios anatómicos e canulares que possibilitaram estabelecer as classificações morfológicas dos dentes, como a de Weine ou Vertucci, ainda hoje amplamente utilizadas.

Além disso, são essas classificações e o conhecimento dos canais radiculares os pilares da abordagem endodôntica contemporânea. A observação de uma rede de canais, cada vez mais complexa e desenvolvida, impulsiona os cientistas e laboratórios a inventar limas cada vez mais flexíveis e resistentes, irrigantes cada vez mais eficazes e materiais obturadores otimizados na sua capacidade de preencher tridimensionalmente todos os espaços, mesmo os mais recônditos, do sistema de canais radiculares.

Não nos esqueçamos de que a própria natureza do tratamento endodôntico é baseada na exploração de um ambiente particularmente pequeno e fechado, de modo que os profissionais estão sempre à procura de técnicas para superar essas dificuldades.

No início do século XXI testemunhamos uma ascensão de novas tecnologias que parecem fazer crescer exponencialmente o conhecimento da morfologia interna dos dentes, razão pela qual estão surgindo novas classificações morfológicas.

A força dos meios exploratórios *ex-vivo* incide na atualização das classificações dos canais, integrando assim, casos raros e disseminando esse conhecimento para profissionais que já trabalham e para futuros médicos dentistas.

As anomalias anatómicas que outrora eram surpreendentes tornam-se cada vez mais familiares para os profissionais, pelo que não podemos deixar de saudar esses avanços, na medida em que têm um impacto indireto positivo na qualidade dos tratamentos endodônticos e possibilitam avanços no diagnóstico e exploração endodôntica *in vivo*.

As novas ferramentas têm sido o foco de atenção em diversos artigos e a literatura científica atribui-lhes uma capacidade de detecção de canais mais precisa, levando à sua maior integração numa prática dentária diária.

A sua eficácia é tão surpreendente que os meios mais tradicionais de exploração, como a observação a olho nu, radiografias periapicais e processos de diafanização, parecem cada vez mais obsoletos ou incompletos quando utilizados de forma isolada.

De fato, verificou-se que muitos dentes não pertencem a nenhum sistema de classificação e podemos imaginar que dentes com uma configuração similar, mas em condições clínicas *in vivo*, foram vítimas de uma má detecção canalar pelo médico dentista que ainda não integrou na sua prática diária técnicas de diagnóstico mais avançadas.

A CBCT é considerada, por alguns, como uma revolução na exploração e no diagnóstico radiográfico endodôntico. Também as sondas ultrassônicas, microscópios e outros auxílios óticos, que facilitam a detecção de entradas de canal, são vistos por alguns endodontistas como ferramentas indispensáveis na sua prática clínica.

E essa é a particularidade do desenvolvimento tecnológico endodôntico contemporâneo: os seus efeitos são múltiplos e não impactaram uma única área de exploração morfológica dentária, como a radiografia, por exemplo.

Estando desenvolvido um completo arsenal de ferramentas de diagnóstico, as quais agem de forma química, mecânica, ótica ou radiográfica, podem ser usadas concomitantemente, permitindo assim aumentar a capacidade de exploração dos canais.

O futuro da endodontia, parece, portanto, estar assente no uso complementar das ferramentas de exploração da polpa, uma vez que, estas permitem uma melhoria significativa no prognóstico terapêutico.

No entanto, mesmo as melhores tecnologias não têm impacto devido, se a consciência profissional e o desejo de utilizar essas ferramentas de forma correta não estiverem presentes.

Conhecer em grande detalhe a anatomia e morfologia dos canais é independente da nossa capacidade de agir diretamente sobre todos eles, verificando-se assim, uma certa forma de atraso entre o que teoricamente devemos fazer e o que na realidade podemos fazer, em termos de preparação mecânica e química sobre o dente.

O aparecimento de novos irrigantes, novos processos para limpar os canais acessórios e materiais de obturação cada vez mais completos, em termos de ocupação espacial da rede canalar, são também uma revolução no mundo da endodontia.

Mas, para resolver um problema, é preciso saber que ele existe. É isso que os meios exploratórios endodônticos contemporâneos permitem, na medida em que trazem um desafio saudável e duradouro ao mundo endodôntico.

IV – Bibliografia

- AAE Position Statement. (2012). Use of Microscopes and Other Magnification Techniques, 1–3.
- Abbott, P. V., & Salgado, J. C. (2009). Strategies for the endodontic management of concurrent endodontic and periodontal diseases. *Australian Dental Journal*, 54, S70–S85. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2009.01145.x>
- Abdullah, E., Idris, A., & Saparon, A. (2017). Papr reduction using scs-slm technique in stfbc mimo-ofdm. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(10), 3218–3221. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12426>
- Abuabara, A., Baratto-Filho, F., Aguiar Anele, J., Leonardi, D. P., & Sousa-Neto, M. D. (2013). Efficacy of clinical and radiological methods to identify second mesiobuccal canals in maxillary first molars. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(1), 205–209. <https://doi.org/10.3109/00016357.2011.654262>
- Ahmed, H. M. A. (2016). Nano-computed tomography: current and future perspectives. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 41(3), 236. <https://doi.org/10.5395/rde.2016.41.3.236>
- Al-Fouzan, K. S. (2014). A new classification of endodontic-periodontal lesions. *International Journal of Dentistry*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/919173>
- Alrahabi, M., & Zafar, M. (2015). Evaluation of root canal morphology of maxillary molars using cone beam computed tomography. *Pak J Med Sci*, 31(2), 426–430. <https://doi.org/10.12669/pjms.312.6753>
- Arbona, L. (2016). en endodontie, 10–12.
- Arbona, L., & Martin, D. (2011). le MV2 de la première molaire maxillaire. *Information Dentaire*, 31, 1–6.
- Arens, D. E. (2003). Introduction to Magnification in Endodontics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.
- Baldassari-Cruz, L. A., Lilly, J. P., & Rivera, E. M. (2002). The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 93(2), 190–194. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.118285>

- Baratto Filho, F., Zaitter, S., Haragushiku, G. A., de Campos, E. A., Abuabara, A., & Correr, G. M. (2009). Analysis of the Internal Anatomy of Maxillary First Molars by Using Different Methods. *Journal of Endodontics*, 35(3), 337–342. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.022>
- Bartling, S. H., Majdani, O., Gupta, R., Rodt, T., Dullin, C., Fitzgerald, P. F., & Becker, H. (2007). Large scan field, high spatial resolution flat-panel detector based volumetric CT of the whole human skull base and for maxillofacial imaging. *Dentomaxillofacial Radiology*, 36(6), 317–327. <https://doi.org/10.1259/dmfr/19164138>
- Bds, S. N., Dds, G. G., & C, F. (2004). Use of ophthalmic dyes in root canal location. *Practice*, (March), 1–6.
- Bergenholtz, G., & Lindhe, J. (1978). Effect of experimentally induced marginal periodontitis and periodontal scaling on the dental pulp. *Journal of Clinical Periodontology*, 5(1), 59–73. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.1978.tb01907.x>
- Blattner, T. C., George, N., Lee, C. C., Kumar, V., & Yelton, C. D. J. (2010). Efficacy of Cone-Beam Computed Tomography as a Modality to Accurately Identify the Presence of Second Mesio Buccal Canals in Maxillary First and Second Molars: A Pilot Study. *Journal of Endodontics*, 36(5), 867–870. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.023>
- Bronnec, F. (2006). Localisation des orifices canaux. *Revue d'Odonto-Stomatologie*, 17(4), 357–370.
- Buhrley, L. J., Barrows, M. J., BeGole, E. A., & Wenckus, C. S. (2002). Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars. *Journal of Endodontics*, 28(4), 324–327. <https://doi.org/10.1097/00004770-200204000-00016>
- Carr, G. B., & Murgel, C. A. F. (2010). The Use of the Operating Microscope in Endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 191–214. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.01.002>
- Coelho, C. S. de M., Ruiz, P. A., Rezende, T. M. B., Amorim, R. F. B. de, & Tognoli, A. L. (2002). Configuração anatômica interna da raiz méso- vestibular de primeiros molares superiores permanentes. *Revista Brasileira de Patologia Oral*, 1(1), 24–28. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/296196614_Configuracao_anatomica_interna_da_raiz_mesio-vestibular_de_primeiros_molares_superiores_permanentes

- Coelho De Carvalho, M. C., & Zuolo, M. L. (2000). Orifice locating with a microscope. *Journal of Endodontics*, 26(9), 532–534. <https://doi.org/10.1097/00004770-200009000-00012>
- Corcoran, J., Apicella, M. J., & Mines, P. (2007). The Effect of Operator Experience in Locating Additional Canals in Maxillary Molars. *Journal of Endodontics*, 33(1), 15–17. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.11.005>
- Cotti, E. (2010). Advanced Techniques for Detecting Lesions in Bone. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 215–235. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.007>
- Cotti, E., & Campisi, G. (2004). Advanced radiographic techniques for the detection of lesions in bone. *Endodontic Topics*, (6), 52–72. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2004.00064.x>
- Cuijpers, V. M. J. I., Jaroszewicz, J., Anil, S., Al Farraj Aldosari, A., Walboomers, X. F., & Jansen, J. A. (2014). Resolution, sensitivity, and in vivo application of high-resolution computed tomography for titanium-coated polymethyl methacrylate (PMMA) dental implants. *Clinical Oral Implants Research*, 25(3), 359–365. <https://doi.org/10.1111/clr.12128>
- Dable, R. A., Wasnik, P. B., Yeshwante, B. J., Musani, S. I., Patil, A. K., & Nagmode, S. N. (2014). Postural Assessment of Students Evaluating the Need of Ergonomic Seat and Magnification in Dentistry. *Journal of Indian Prosthodontist Society*, 14(December), 51–58. <https://doi.org/10.1007/s13191-014-0364-0>
- Das, S., Warhadpande, M., Redij, S., Jibhkate, N., & Sabir, H. (2015). Frequency of second mesiobuccal canal in permanent maxillary first molars using the operating microscope and selective dentin removal: A clinical study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 6(1), 74. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.149296>
- de Gregorio, C., Paranjpe, A., Garcia, A., Navarrete, N., Estevez, R., Esplugues, E. O., & Cohenca, N. (2012). Efficacy of irrigation systems on penetration of sodium hypochlorite to working length and to simulated uninstrumented areas in oval shaped root canals. *International Endodontic Journal*, 45(5), 475–481. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01999.x>
- De Pablo, Ó. V., Estevez, R., Péix Sánchez, M., Heilborn, C., & Cohenca, N. (2010). Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: A systematic review. *Journal of Endodontics*, 36(12), 1919–1931. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.055>

- Del Fabbro, M., Taschieri, S., Lodi, G., Banfi, G., & Weinstein, R. L. (2009). Magnification devices for endodontic therapy. *Australian Dental Journal*, 54(4), 394–395. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2009.01168.x>
- Dietrich, T., Zunker, P., Dietrich, D., & Bernimoulin, J. P. (2002). Apicomarginal defects in periradicular surgery: Classification and diagnostic aspects. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 94(2), 233–239. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.123864>
- Domark, J. D., Hatton, J. F., Benison, R. P., & Hildebolt, C. F. (2013). An ex vivo comparison of digital radiography and cone-beam and micro computed tomography in the detection of the number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars. *Journal of Endodontics*, 39(7), 901–905. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.01.010>
- Duckworth, J. E., Judy, P. F., Goodson, J. M., & Socransky, S. S. (1983). A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. *The Journal of Periodontology*, 54(7), 435–440. <https://doi.org/10.1902/jop.1983.54.7.435>
- Dumitriu, D., & Dobre, T. (2015). Effects of temperature and hypochlorite concentration on the rate of collagen dissolution. *Journal of Endodontics*, 41(6), 903–906. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.12.020>
- Flores, M. T., Andersson, L., Andreasen, J. O., Bakland, L. K., Malmgren, B., Barnett, F., ... Von Arx, T. (2007). Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dental Traumatology*, 23(2), 66–71. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2007.00592.x>
- Friedman, S. (2002). Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics*, 2(1), 59–88. <https://doi.org/10.1034/j.1601-1546.2002.20105.x>
- Gary C. Armitage. (2006). Development of a Classification System for Atopic Dermatitis (AD). *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 117(2), S237. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2005.12.939>
- Guldener, P. H. A. (1985). The relationship between periodontal and pulpal disease. *International Endodontic Journal*, 18(1), 41–54. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1985.tb00417.x>
- Hess. (1925). 352 Public H E a L T H ., 1925.
- Huunonen, S., & Ørstavik, D. (2002). Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics*, 3–25. <https://doi.org/10.1034/j.1601-1546.2002.10102.x>

- Jesslén, P., Zetterqvist, L., & Heimdahl, A. (1995). Long-term results of amalgam versus glass ionomer cement as apical sealant after apicectomy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology And*, 79(1), 101–103. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(05\)80082-4](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(05)80082-4)
- Jones, M. (1976). 670 Proc. roy. Soc. Med. Volume 69 September 1976, 69(September), 670–672.
- Kim, S. (2004). Modern endodontic practice: Instruments and techniques. *Dental Clinics of North America*, 48(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.002>
- Kottoor, J., Murugesan, R., & Albuquerque, D. V. (2012). A maxillary lateral incisor with four root canals. *International Endodontic Journal*, 45(4), 393–397. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01984.x>
- Krasner, P., & Rankow, H. J. (2004). Anatomy of the pulp-chamber floor. *Journal of Endodontics*, 30(1), 5–16. <https://doi.org/10.1097/00004770-200401000-00002>
- Kulid, J. C., & Peters, D. D. (1990). Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of Maxillary first and second molars. *Journal of Endodontics*, 16(7), 311–317. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81940-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81940-0)
- Kundel, H., & Revesz, G. (1976). Lesion and Structured Noise ., *American Journal of Roentgenology*, 1233–1238.
- Lee, K. W., Kim, Y., Perinpanayagam, H., Lee, J. K., Yoo, Y. J., Lim, S. M., ... Kum, K. Y. (2014). Comparison of alternative image reformatting techniques in micro-computed tomography and tooth clearing for detailed canal morphology. *Journal of Endodontics*, 40(3), 417–422. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.014>
- Loubele, M., Bogaerts, R., Van Dijck, E., Pauwels, R., Vanheusden, S., Suetens, P., ... Jacobs, R. (2009). Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *European Journal of Radiology*, 71(3), 461–468. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2008.06.002>
- M, D. F., Taschieri, S., Lodi, G., Banfi, G., & Rl, W. (2016). Magnification devices for endodontic therapy (Review), (12). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005969.pub3.www.cochranelibrary.com>
- Mavridou, A. M., Pyka, G., Kerckhofs, G., Wevers, M., Bergmans, L., Gunst, V., ... Lambrechts, P. (2016). A novel multimodular methodology to investigate external cervical tooth resorption. *International Endodontic Journal*, 49(3), 287–300. <https://doi.org/10.1111/iej.12450>

- Michetti, J., Maret, D., Mallet, J. P., & Diemer, F. (2010). Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *Journal of Endodontics*, 36(7), 1187–1190. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.029>
- Moshonov, J., & Nahlieli, O. (2011). Endoscopy in Endodontics, 26–34.
- Nallapati S. (2010). Anatomie canalaire et traitement endodontique. *Revue D'Odonto-Stomatologie*, 39, 239–262.
- Ordinola-Zapata, R., Bramante, C. M., Versiani, M. A., Moldauer, B. I., Topham, G., Gutmann, J. L., ... Abella, F. (2017). Comparative accuracy of the Clearing Technique, CBCT and Micro-CT methods in studying the mesial root canal configuration of mandibular first molars. *International Endodontic Journal*, 50(1), 90–96. <https://doi.org/10.1111/iej.12593>
- Patel, S., Dawood, A., Whaites, E., & Pitt Ford, T. (2009). New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *International Endodontic Journal*, 42(6), 447–462. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01530.x>
- Pécora, J. D. (2004). Uma breve história dos métodos de estudo de anatomia interna dos dentes humanos, (1906), 1–9. Retrieved from <http://143.107.206.201/restauradora/dia.htm>
- Pharoah, S. C. W.; M. J. (2008). *Oral radiology: Principles and interpretation 6th Edition*.
- Philippe Perrin, Daniel Jacky, P. H. (2000). The operating microscope in practice. *Bibliotheca Ophthalmologica : Supplementa Ad Ophthalmologica*, 77(May), 21–50.
- Pineda, F., & Kuttler, Y. (1972). Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 33(1), 101–110. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(72\)90214-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(72)90214-9)
- Robertson, D., Leeb, I. J., McKee, M., & Brewer, E. (1980). A clearing technique for the study of root canal systems. *Journal of Endodontics*, 6(1), 421–424. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(80\)80218-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(80)80218-4)
- Rotstein, I., & Simon, J. H. (2006). The endo-perio lesion: a critical appraisal of the disease condition. *Endodontic Topics*, 13(1), 34–56. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2006.00211.x>
- Schmidt, J. C., Walter, C., Amato, M., & Weiger, R. (2014). Treatment of periodontal-endodontic lesions - A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*, 41(8), 779–790. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12265>

- Smadi, L., & Khraisat, A. (2007). Detection of a second mesiobuccal canal in the mesiobuccal roots of maxillary first molar teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 103(3), 77–81. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.10.007>
- Stropko, J. J. (1999). Canal morphology of maxillary molars: Clinical observations of canal configurations. *Journal of Endodontics*, 25(6), 446–450. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80276-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80276-3)
- Su, C. C., Wu, Y. C., Chung, M. P., Huang, R. Y., Cheng, W. C., Cathy Tsai, Y. W., ... Shieh, Y. S. (2017). Geometric features of second mesiobuccal canal in permanent maxillary first molars: a cone-beam computed tomography study. *Journal of Dental Sciences*, 12(3), 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2017.03.002>
- Susin, L., Liu, Y., Yoon, J. C., Parente, J. M., Loushine, R. J., Ricucci, D., ... Tay, F. R. (2010). Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *International Endodontic Journal*, 43(12), 1077–1090. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01778.x>
- Swartz, D. B., Skidmore, A. E., & Griffin, J. A. (1983). Twenty years of endodontic success and failure. *Journal of Endodontics*, 9(5), 198–202. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(83\)80092-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(83)80092-2)
- Tachibana, H., & Matsumoto, K. (1990). Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Dental Traumatology*, 6(1), 16–20. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1990.tb00381.x>
- Tomaszewska, I. M., Skinningsrud, B., Jarzębska, A., Pękala, J. R., Tarasiuk, J., & Iwanaga, J. (2018). Internal and External Morphology of Mandibular Molars: An original micro-CT study and meta-analysis with review of implications in endodontic therapy. *Clinical Anatomy*. <https://doi.org/10.1002/ca.23080>
- Torabinejad, M., & Walton, R. E. (2015). *Endodontics*.
- Verma, P., & Love, R. M. (2011). A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *International Endodontic Journal*, 44(3), 210–217. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01800.x>
- Vertucci, F. J. (1974). Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *Journal of the American Dental Association* (1939), 89(2), 369–371. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1974.0391>

- Vertucci, F. J. (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 10(1), 3–29. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00129.x>
- Webber, R. L., & Messura, J. K. (1999). An in vivo comparison of diagnostic information obtained from tuned-aperture computed tomography and conventional dental radiographic imaging modalities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 88(2), 239–247. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(99\)70122-8](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(99)70122-8)
- Weine, F. S., Healey, H. J., Gerstein, H., & Evanson, L. (1969). Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 28(3), 419–425. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(69\)90237-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(69)90237-0)
- Wevers, M., Kerckhofs, G., & Pyka, G. (2012). X-ray computed tomography for non-destructive testing. ... *Computed Tomography*, 13–29. Retrieved from <http://www.ndt.net/article/ctc2012/papers/13.pdf>
- Zuolo, M. L., Carvalho, M. C., & De-Deus, G. (2015). Negotiability of Second Mesiobuccal Canals in Maxillary Molars Using a Reciprocating System. *Journal of Endodontics*, 41(11), 1913–1917. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.08.004>

